

o. PROF. DR.-ING. KARL KORDINA · TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Lehrstuhl für Stahlbeton- und Massivbau · Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau

Schlußbericht

zum DAfStb-Forschungsvorhaben

V 156

Systematische Auswertung von  
Schubversuchen an Stahlbetonbalken

Antragsteller

o.Prof. Dr.-Ing. K. Kordina

B I B L I O T H E K  
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig  
Beethovenstraße 52  
D-3300 Braunschweig

Abteilungsleiter

Sachbearbeiter

Dr.-Ing. G. Ivanyi

Dr.-Ing. K. Rafla<sup>†</sup>

Dipl.-Ing. F. Blume

Braunschweig, Juli 1977

## Vorwort

In den vergangenen dreißig Jahren wurde eine Vielzahl experimenteller Forschungsarbeiten veröffentlicht, die sich mit den Problemen der Schubtragfähigkeit von Bauteilen aus Stahlbeton befassen. Ziel dieser Untersuchungen war die Erforschung der Einflüsse unterschiedlicher Parameter auf Schubtragverhalten und -tragfähigkeit. Durch Gewinnung genauerer Kenntnisse über die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Sicherung der Schubtragfähigkeit sollte zugleich die Möglichkeit geschaffen werden, eine befriedigende theoretische Lösung aller Fragen der Schubbemessung zu erzielen. Dieses Ziel wurde letztendlich bis heute nicht erreicht.

Bedingt durch die experimentellen Ergebnisse konnte der Stand der Erkenntnisse auf dem Gebiet des Schubtragverhaltens erheblich erweitert werden. Es zeichnete sich dabei deutlich ab, daß sich ein "Schubbruch" kaum allgemeingültig definieren läßt - sein Zustandekommen wird durch eine Vielzahl von Parametern wie Lastanordnung, Lastart, Querschnittsgestaltung, Betoneigenschaften, Bewehrungsführung und -gehalt etc. beeinflusst, deren unterschiedliche Kombinationen zu unterschiedlichen Versagenskriterien führen können. Dieser Umstand spiegelt sich auch in den theoretischen Lösungen früherer Jahre wieder, die in der Regel nur für genau definierte Grenzzustände gültig sind, d.h. keine allgemeingültigen Lösungen darstellen.

Ausgehend von diesem theoretischen wie experimentellen Stand der Schubforschung wurde am Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig der Versuch unternommen, durch systematische Auswertung einer größeren Anzahl bekannter Schubversuche allgemeingültige Zusammenhänge zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit auf empirischem Wege zu erarbeiten.

Die Forschungsarbeit, finanziert vom Deutschen Ausschuß für Stahlbeton, wurde zu großen Teilen bereits in den Jahren 1971 bis 1974 von Dr.-Ing. K. Rafla durchgeführt. Nach dem tragischen Unfalltod von Dr. Rafla konnten die Arbeiten erst 1976 wieder aufgenommen und nunmehr zum Abschluß gebracht werden.

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Überblick	1
1. Problemstellung	2
2. Querkraftabtragung in Stahlbeton- biegegliedern	3
3. Schubbruchmechanismen	7
3.1 Allgemeines	7
3.2 Scherbruch	8
3.3 Schubdruckbruch	9
3.4 Schrägzugbruch	11
3.5 Schrägdruckbruch	13
4. Empirische Zusammenhänge zur Ermitt- lung der Schubtragfähigkeit	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Auswertungsmethode	15
4.3 Aufbau der empirischen Zusammenhänge	17
4.3.1 Bezugswert	17
4.3.2 Nicht schubbewehrte Tragwerke	18
4.3.3 Schubbewehrte Tragwerke	19
4.4 Schubtragfähigkeit nicht schubbewehrter Biegetragwerke	22
4.5 Schubtragfähigkeit schubbewehrter Biege- tragwerke	31
4.6 Zulässige Spannungen und Vergleich der Ergebnisse mit den Angaben in DIN 1045	37
5. Einfluß der einzelnen Parameter auf die Schubtragfähigkeit	45
5.1 Allgemeines	45
5.2 Biegetragwerke ohne Schubbewehrung	45
5.2.1 Festigkeitseigenschaften des Betons	45

	Seite
5.2.2 Querschnittsabmessungen	52
5.2.3 Längsbewehrung	61
5.2.4 Querschnittsform	71
5.2.5 Schubschlankheit	75
5.3 Biegetragwerke mit Schubbewehrung	79
5.3.1 Allgemeines	79
5.3.2 Schubbewehrung	82
5.3.3 Schubschlankheit	88
5.3.4 Nutzhöhe	93
5.3.5 Querschnittsform	95
5.3.6 Verankerung der Schubbewehrung	98
5.3.7 Erfassung der Bruchart Schrägdruckbruch	98
6. Literaturverzeichnis	101
7. Anhang	111

## Überblick

Nach einer detaillierten qualitativen Beschreibung der Lastabtragung im Schubbereich von Stahlbetonbalken werden für den Schubbruch charakteristische Mechanismen erläutert. Hieraus werden die wesentlichen Parameter der Schubtragfähigkeit abgeleitet und dargestellt.

Anschließend werden durch systematische Auswertung von Versuchsdaten zahlreicher, - vorwiegend an statisch bestimmt gelagerten Einfeldträgern durchgeführter - Schubversuche empirische Zusammenhänge zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit entwickelt. Sie sind für Rechteck- und Plattenbalken bei Einzel- und Gleichlasten mit und ohne Schubbewehrung anwendbar. Die wirklichkeitsnahe Erfassung der tatsächlichen Verhältnisse durch die in dieser Arbeit entwickelten Zusammenhänge wird durch Nachrechnung von ca. 980 Schubversuchen mit unterschiedlichsten Versagensmechanismen nachgewiesen.

Aus den in dieser Arbeit entwickelten Vergleichsschubspannungen im Bruchzustand werden entsprechende zulässige Schubspannungen für den Gebrauchszustand angegeben und den Angaben in DIN 1045 gegenübergestellt.

## 1. Problemstellung

In der vorliegenden Arbeit wird angestrebt, Zusammenhänge zu erarbeiten, die für Biegebauteile sowohl ohne als auch mit Schubbewehrung anwendbar sind. Es wird hierbei unterstellt, daß die Tragfähigkeit eines schubbewehrten Biegebauteils aus der eines nicht schubbewehrten Bauteils durch Hinzufügen eines weiteren aus der Bewehrung resultierenden Traglastanteiles zutreffend ermittelt werden kann. Ein Balken ohne Schubbewehrung wird demnach als Sonderfall des allgemeineren, schubbewehrten Balkens angesehen. Die Möglichkeit einer derartigen Superposition der Einzeltragfähigkeiten wird in einer Anzahl derzeit gültiger Berechnungsmethoden als zutreffend unterstellt, wenngleich sie in einigen Fällen auf Kritik stößt.

Eine unbegrenzte Superposition der einzelnen Traganteile kann allerdings nicht als allgemein gültig eingeführt werden. Zusätzliche Kriterien werden bei starker und auch bei schwacher Schubbewehrung erforderlich. In dieser Weise muß sowohl der geänderten Querkraftabtragung beim Vorhandensein einer nennenswerten Schubbewehrung als auch der relativen Unwirksamkeit einer zu schwachen Bewehrung Rechnung getragen werden.

Jeder Schubbruch wird durch einen charakteristischen, geeigneten Riß eingeleitet, der nach seiner Entstehung entweder direkt den Bruch herbeiführt oder aber maßgeblich ist für das nach weiterer Laststeigerung eintretende Versagen. Neben einer gewissen Übereinstimmung der Schubrißbilder lassen sich jedoch unterschiedliche Bruchmechanismen feststellen. Sie deuten darauf hin, daß sich die Brucharten je nach Parameterkombination ändern. Diesen Fragen wird in den Abschnitten 2 und 3 nachgegangen.

Die anschließende Parameterstudie in den Abschnitten 4 und 5 stößt auf gewisse Schwierigkeiten, dadurch daß die in Forschungsanstalten mehrerer Kontinente durchgeführten Versuche

nur bedingt vergleichbar sind. Abweichungen in den Prüfverfahren bei der Festigkeitsbestimmung der verwendeten Baustoffe, unterschiedliche Zuschlagstoffe und Wasserzementwerte, verschiedene Güteeigenschaften der Bewehrungsstähle, unterschiedliche Biegeformen und Verankerungen etc. wirken sich auf die Schubtragfähigkeit aus. Sie alle bei der empirischen Bestimmung der Tragfähigkeit mit einzubeziehen erwies sich als unmöglich. Ziel einer Parameterstudie kann auch nur sein, die dominierenden Einflüsse auf die Tragfähigkeit herauszufinden und sie in ihrem Einflußbereich zutreffend zu erfassen. Gewisse, bei einigen Versuchen unter Umständen sogar größere Abweichungen der tatsächlich vorhandenen Tragfähigkeit von abgeleiteten rechnerischen Werten sind dann allerdings unvermeidbar.

Die vorliegende Arbeit unterscheidet nicht zwischen Balken und Plattenstreifen; das Schubtragverhalten drei- oder vierseitig gelagerter Platten wird hingegen nicht näher erörtert.

## 2. Querkraftabtragung in Stahlbeton-Biegegliedern

Die Art der Querkraftabtragung von der Lasteintragungsstelle zum Auflager ist aus einer großen Anzahl von Forschungsarbeiten hinreichend bekannt. Nachfolgend werden die wesentlichsten Elemente der Schubübertragung besprochen:

Im homogenen Zustand I erfolgt die Querkraftabtragung nahezu ausschließlich durch das Betongefüge. Eine evtl. vorhandene Bewehrung wird nur geringfügig ausgenutzt.

Mit Überschreitung der Zugfestigkeit des Betons, d.h. mit Eintreten des Zustandes II, ändert sich die Querkraftabtragung infolge von Rißbildungen. Sie kann nurmehr mittels der verbleibenden, die Risse übergreifenden Schubtragelemente erfolgen, und zwar anteilmäßig entsprechend deren Dehn- bzw. Schubsteifigkeit. Die wesentlichen Schubübertragungselemente im gerissenen Zustand sind (Bild 1):

Biegedruckzone:  $V_D$

Vertikalkomponente der Rißverzahnung  $R$  :  $V_R$

Biegezugbewehrung:  $V_Z$

Stegbewehrung (lotrecht oder geneigt):  $V_S$

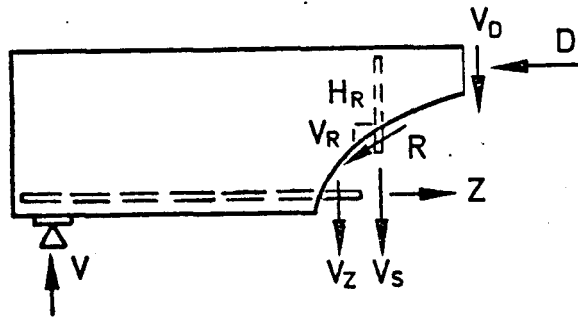


Bild 1 Innere Kräfte an einem geneigten Riß

Die Querkraftabtragung in der Biegedruckzone erfolgt durch die Vertikalkomponente der in Auflagernähe zunehmend geneigten Biegedruckkräfte. Der Querkraftanteil der Biegedruckzone wird um so größer, je steiler die Druckstreben geneigt sind bzw. je näher dem Auflager die Last angeordnet ist (Sprengwerkartige Querkraft-(Last)-Abtragung).

Die Oberflächen der Rißufer sind infolge Heterogenität des Betongefüges ungleichmäßig. Die Querkraftabtragung über Rißverzahnung (in Bild 1) wird bereits durch äußerst geringe Parallelverschiebungen der Rißufer gegeneinander aktiviert. Sie hängt im wesentlichen von der Rißbreite, von der Verankerung der Zuschlagkörner im Betongefüge, d.h. von der Zugfestigkeit des Betons sowie von den Verformungseigenschaften der Zuschlagkörner selbst ab.

Die Schubtragfähigkeit der Biegezugbewehrung entsteht durch ihre Wirkungsweise als Dübel. Entsprechend der Steifigkeit dieser Dübel wird die Verschiebung der Rißufer gegeneinander behindert. Die übertragbare Querkraft ist abhängig vom Durchmesser der Längsbewehrungsstäbe und von der Zugfestigkeit



des Betons. Indirekt wird die Dübelwirkung der Längsbewehrung auch durch die örtlichen Verbundeigenschaften beeinflusst, da hiervon die Einspannlänge der Dübel bestimmt wird. Somit hängt die Dübelwirkung auch von der Stahlspannung und Oberflächengestaltung der Biegezugbewehrung ab.

Eine in genügend engem Abstand angeordnete Stegbewehrung "übergreift" die geneigten Risse und trägt entsprechend ihrer Richtung und ihrer Dehnsteifigkeit wesentlich zur Abtragung der Querkräfte bei. Sie verbindet die durch Rißbildung entstehenden schräggeneigten Betonzähne untereinander (Bild 2) und ermöglicht auf diese Weise eine fachwerkartige Schubübertragung über die Risse hinweg.

Die Änderung der Biegezugkraft  $\Delta Z$  zwischen zwei Rissen, also die Längsschubkraft, beansprucht die "Betonzähne" auf Biegung. Die so an der Einspannstelle der Betonzähne geweckten Spannungen können jedoch durch Aktivierung der Schubelemente "Rißverzahnung" und "Dübelwirkung der Biegezugbewehrung" verringert werden (Bild 2).

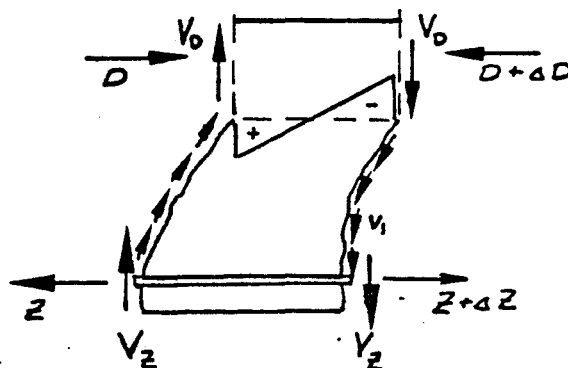


Bild 2

Biegebeanspruchung der Betonzähne

Im Verlaufe einer Lasterhöhung von Null bis zum Eintreten des Bruchzustandes ändern sich die Steifigkeiten der erörterten Schubelemente woraus allmähliche bzw. plötzliche Umlagerungen entstehen können:

Nach der Bildung von Schubrisen tritt eine geringfügige Verschiebung der Rißufer gegeneinander auf. Die steiferen Übertragungselemente "Biegedruckzone" und "Rißverzahnung" übernehmen den Hauptanteil der Gesamtquerkraft. Mit wachsenden Rißbreiten und Vermehrung der Risse vermindert sich die Steifigkeit des Übertragungselements "Rißverzahnung". Bei nicht schubbewehrten Balken wird hierdurch die Schubübertragung des weicheren Elements "Dübelwirkung" rasch bis zur Grenztragfähigkeit aktiviert. Die Biegedruckzone, deren Steifigkeit infolge Verlängerung der Schubrisse vermindert wird, muß einen größeren Teil der Gesamtquerkraft übertragen, da ihr relativer Anteil an der Gesamtsteifigkeit mit nachlassender "Rißverzahnung" zunimmt.

Bei schubbewehrten Balken nimmt der Anteil der durch Biegedruckzone und Biegezugbewehrung abgetragenen Querkraft vergleichsweise langsamer zu, da die Verlängerung der Risse bzw. die Zunahme der Rißbreiten durch die Schubbewehrung, insbesondere wenn diese aus Bügeln besteht, behindert wird. Die Stegbewehrung (Bügel oder Schrägstäbe) überträgt unter anderem den durch nachlassenden Einfluß der "Rißverzahnung" freiwerdenden Querkraftanteil bzw. sie stellt eine langsamere Umlagerung auf die Biegedruckzone sicher. Darüber hinaus unterbindet eine die Längsbewehrung umfassende Bügelbewehrung ein Ausbrechen der Längsbewehrung infolge von Dübelwirkung.

Jedes der beschriebenen Elemente der Querkraftabtragung wird durch mehrere Parameter unterschiedlichen Gewichts beeinflusst. Beispielsweise hängt die Tragfähigkeit der Druckzone neben der Betonfestigkeit gleichzeitig von den Balkenabmessungen, der Balkenform, von der Art der Stegbewehrung usw. ab. Bei der Aufstellung von empirischen Zusammenhängen können

daher die erörterten physikalischen Größen nicht direkt eingeführt werden. Vielmehr sind die Parameter der Elemente der Schubabtragung zu analysieren und ihr Einfluß auf die Gesamtschubtragfähigkeit qualitativ und quantitativ zu erfassen.

### 3. Schubbruchmechanismen

#### 3.1 Allgemeines

Das Versagen eines Biegetragwerkes infolge Schubbruch wird durch einen in Richtung der Hauptdruckspannungen des ungerissenen Balkens verlaufenden Schubriß angekündigt. Dieser tritt auf, sobald die Hauptzugspannungen die Betonzugfestigkeit überschreiten. Das endgültige Versagen gestaltet sich allerdings recht unterschiedlich da es von den "inneren" Steifigkeitsverhältnissen des gerissenen Tragwerkes vielfältig beeinflusst wird.

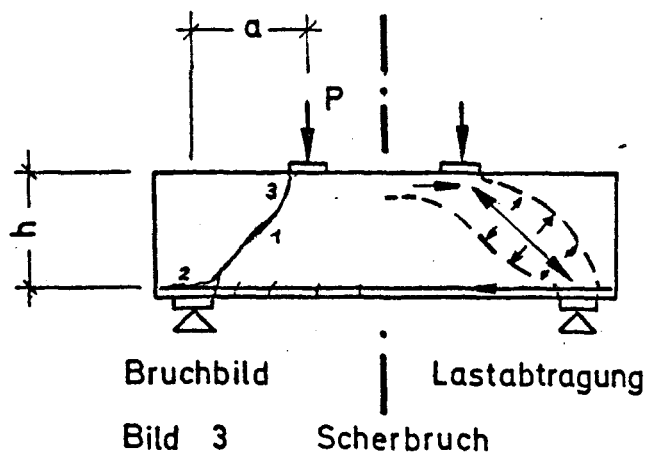
Es ist allgemein üblich, die Mechanismen des Schubbruches entsprechend der letztlich maßgebenden Versagensursache zu bezeichnen. So wird zwischen Scherbruch, Schubdruckbruch, Schrägzugbruch und Schrägdruckbruch unterschieden. Alle in Versuchen beobachteten Schub-Versagensarten lassen sich in diese vier Bruchmechanismen einstufen.

Aus den bisherigen Untersuchungen wurde für den durch Einzellasten belasteten Einfeldbalken das geometrische Verhältnis  $\lambda_s = a/h$  (Bild 3) als eine signifikante Größe für das Wirksamwerden des einen oder des anderen Versagensmechanismus erkannt und Schubschlankheit benannt. Die Schubschlankheit eines Balkens wirkt sich auf die Neigung der Hauptdrucktrajektorien im ungerissenen Beton aus. Sie beeinflusst somit auch die Größe des Lastanteils, der sprengwerkartig abgetragen wird. Lage und Entwicklung von Schrägrissen sind hauptsächlich von  $a/h$  abhängig. Das geometrische Verhältnis  $a/h$  hat somit einen bestimmenden Einfluß auf die im Biegetragwerk ablaufenden Mechanismen bis zum Eintreten eines Schubbruches. Es ist daher zu erwarten, daß die Schubschlankheit als maßgebender

Parameter zur Unterscheidung der einzelnen Brucharten verwendet werden kann; auch ist zu vermuten, daß sich mit der Schubschlankheit die Traganteile der Schubübertragungselemente (vgl. Abschnitt 2) ändern.

### 3.2 Scherbruch

Scherbruch tritt bei kleinen Schubschlankheiten ( $a/h \leq 1,5$ ) auf. In Balken, die durch auflagernahe Einzellasten beansprucht werden, entstehen hohe Druck- und Zugspannungen längs der Verbindungslinie "Lastangriffspunkt - Auflager" bei verhältnismäßig geringer Biegebeanspruchung (Bild 3).



Nach Überschreiten der zweiachsigen Betonfestigkeit entwickelt sich ein Schubriß entlang dieser Verbindungslinie (1) und die Lastabtragung erfolgt ähnlich wie bei einem Sprengwerk mit Zugband. Nach weiterer Laststeigerung versagt der Balken entweder durch Versagen der Zugbandverankerung (2) oder die Druckzone wird unter der Last in Richtung des Spaltzugrisses abgeschert. (3)

Die Tragfähigkeit eines Balkens mit geringer Schubschlankheit kann durch Anordnung von Schubbewehrung kaum nennenswert gesteigert werden, da die Querkraftabtragung vorwiegend durch das im Vergleich zu einem Fachwerk mit Zugstreben aus Betonstahl steifere Sprengwerk erfolgt.

### 3.3 Schubdruckbruch

Im Schubschlankheitsbereich  $a/h \geq 1$  kann statt des Scherbruches auch der sogenannte Schubdruckbruch auftreten. Wie beim Scherbruch ist es auch bei diesem Bruchmechanismus möglich, die Belastung nach Auftreten eines kritischen Schubrisses noch wesentlich weiter zu steigern.

Bei Balken ohne Schubbewehrung kommt Schubdruckbruch bei Schubschlankheiten  $1,0 \leq a/h \leq 3,0$  vor. Der kritische Schubriß entsteht in der Regel als Verlängerung eines Biegerisses im unteren Balkendrittel und breitet sich bei weiterer Laststeigerung bis unter die Lasteintragungsstelle aus. Er endet oberhalb der reiner Biegung entsprechenden theoretischen Lage der Spannungsnulllinie, d.h. in der Biegedruckzone. Da der Riß nicht durch Schubbewehrung durchkreuzt und zusammengehalten wird, verdrehen sich die durch den Schubriß getrennten Balkenteile mit zunehmender Last gegeneinander um einen Drehpunkt am oberen Ende des Schubrisses (Schubrotation). Der durch den Schubriß eingeschnürten Druckzone wird infolge abnehmender und schließlich ausfallender Schubübertragung durch "Rißverzahnung" aufgrund der Schubrotation ein höherer Anteil der Gesamtquerkraft zugewiesen.

Da bei den vorgegebenen geometrischen Verhältnissen der Schubriß die Biegezugbewehrung in Auflagernähe trifft, wird die Dübelwirkung der Bewehrung stabilisiert. Sie findet im nahegelegenen Auflagerrand eine Abstützmöglichkeit. Dies ist der Grund, weshalb eine für die Dübelwirkung typische Rißbildung längs der Biegezugbewehrung trotz der Schubrotation gering bleibt. Ein durch Sprengwirkung der Bewehrungsstäbe hervorgerufener Verankerungsbruch tritt deshalb bei geringeren Schubschlankheiten selten auf. Voraussetzung ist allerdings eine konstruktiv richtige Ausbildung der Verankerung. Ist die Längsbewehrung überdimensioniert - wird z.B. die gesamte Längsbewehrung bis zum Auflagerrand geführt - so werden Verankerungsbrüche zusätzlich unwahrscheinlich, da eine mit dieser Maßnahme gekoppelte Verminderung der Verbundspannungen zu-

sätzlich zur Stabilisierung der Dübelwirkung der Biegezugbewehrung beiträgt.

Bruch tritt ein entweder durch Versagen der Biegedruckzone bei gleichzeitiger Wirkung von Biegemoment und Querkraft (vgl. Bild 4,(1)), d.h. durch Erreichen der zweiachsigen Zug-/Druckfestigkeit des Betons oder durch Bildung eines Sekundärrißes in der Druckzone (2). Ursache der Entstehung dieses "Sekundärrißes" ist eine Biegezugbeanspruchung der Oberseite der Biege-Druckzone als Folge des stark exzentrischen Angriffs der geneigten Biegedruckkraft.

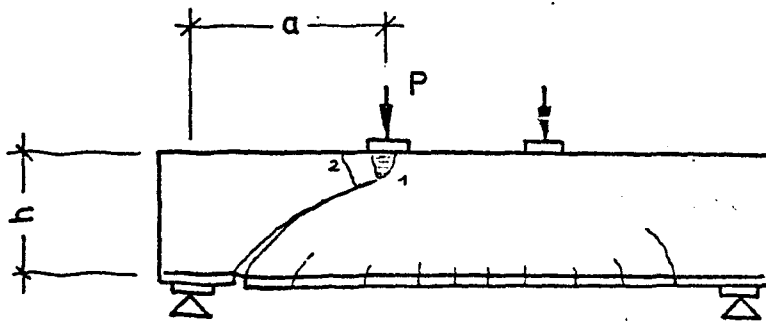


Bild 4 Schubdruckbruch

Bei schubbewehrten Balken tritt Schubdruckbruch gelegentlich auch noch bei höheren Schubslankheiten auf ( $a/h \leq 3,5$ ) da eine Bügelbewehrung die günstige Wirkung der Auflagernähe auf die Dübelwirkung bei kleineren Schubslankheiten ersetzt. Die Dübelwirkung der Biegezugbewehrung bleibt durch den stützenden Einfluß der Bügel erhalten (vgl Bild 5, (1)). Darüber hinaus überträgt die Schubbewehrung nicht nur die gesamte über die Tragfähigkeit eines nicht schubbewehrten Balkens hinausgehende Belastung sondern zusätzlich den durch Vergrößerung der Rißbreiten freiwerdenden Querkraftanteil der "Rißverzahnung", in dem sie diesen auf die Druckzone umlagert (Aufhängewirkung - (2)). Eine sekundäre Abtragung dieser Lasten erfolgt über steilere Druckstreben (3), wodurch zu-

sätzliche Tragreserven der "Scherbruchart" - Sprengwerkwirkung - aktiviert werden.

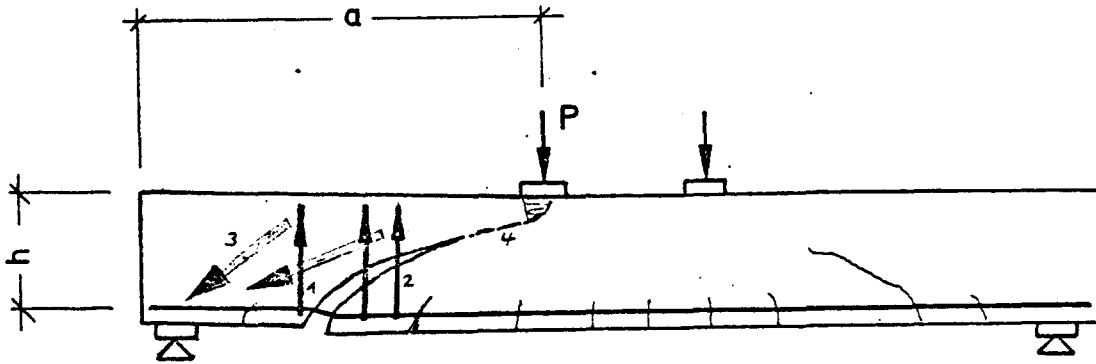


Bild 5 Schubübertragung in Balken mit Stegbewehrung bei Schubschlankheiten  $a/h \approx 3,0$

Mit zunehmender Vergrößerung der lotrechten Komponente der Dehnung der Schubbewehrung verlängert sich der Schubriß bis in die Druckzone hinein. Die Druckzonenhöhe wird reduziert wie beim nichtschubbewehrten Balken. Das Versagen stellt sich im Regelfall nach Fließen der Schubbewehrung und entsprechender Schubrotation ebenfalls in ähnlicher Weise ein.

Bei hohem Schubbewehrungsgrad kann der Bruch auch ohne Fließen der Schubbewehrung erreicht werden. Er tritt dann infolge Versagens der Druckstreben durch Erreichen der örtlichen Betondruckfestigkeit ein. Dieser Vorgang kann bei hoher Ausnutzung und entsprechend starker Verbügelung durch die eingeleiteten Verbundspannungen beschleunigt werden, da sie die Betondruckfestigkeit örtlich herabsetzen.

### 3.4 Schrägzugbruch

Schrägzugbruch tritt als Übergangsform zwischen Schubdruckbruch und Biegebruch i.a. bei Schubschlankheiten  $a/h > 3,0$  auf.

Der maßgebende Schubriß entwickelt sich aus einem der im Bereich der Längsbewehrung vertikal verlaufenden Biegerisse, die die Zugzone des Balkens in eine Vielzahl von "Betonzähnen" (vgl. Bild 2) unterteilen. In Richtung Stegmitte verläuft der Riß entsprechend den Hauptdrucktrajektorien. Der Bruch wird bei nicht schubbewehrten Balken durch Überschreitung der Dübelfestigkeit der Längsbewehrung eingeleitet. Es entsteht ein Sekundärriß (vgl. Bild 6, (1)) auf der dem Auflager zugewandten Seite des kritischen Schubrisses. Die Schubkraftübertragung infolge Rißverzahnung wird hierdurch örtlich unterbrochen. Zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts muß die nicht mehr übertragbare Querkraft auf andere Elemente umgelagert werden. Eine Umlagerung auf die Biegedruckzone wird durch Erreichen der zweiachsigen Betonfestigkeit (Druck/Zug), begrenzt. Eine hierdurch bedingte Rißausbreitung (2) in die Druckzone führt zu Erschöpfung der Tragfähigkeit. Gleichzeitig breitet sich entlang der Längsbewehrung der Sekundärriß weiter aus (3), was zum Gleiten der Zugbewehrung und schließlich zum Versagen führt.

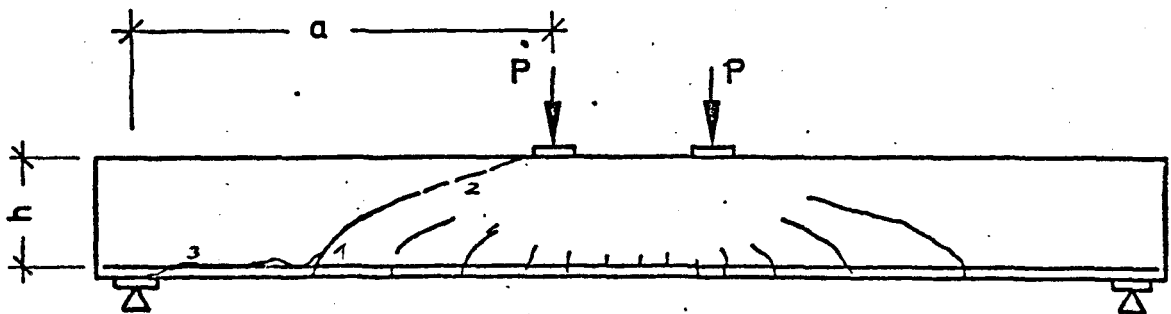


Bild 6      Schrägzugbruch

Eine schwache Verbügelung verhindert zwar einen Dübelriß nach (3) in Bild 6, reicht jedoch nicht aus, um eine Umlagerung wie in Bild 5 dargestellt, herbeizuführen: die Bügelbewehrung fließt nahezu gleichzeitig mit der Rißentstehung, so daß ein Versagen wie beim Balken ohne Schubbewehrung eintritt.



Ist die Schubbewehrung hinreichend dimensioniert, so wird die Querkraft nach Weiterbelastung fachwerkartig durch Stegbewehrung bzw. Betonzähne als Druckstreben zum Auflager abgetragen. Der Balken versagt entweder nach Fließen der Schubbewehrung oder bei hoher Schubbewehrung durch Versagen der Druckstreben (vgl. Schrägdruckbruch).

### 3.5 Schrägdruckbruch

Bei Balken mit hoher Schubbewehrung ist ein Schrägdruckbruch unabhängig von  $a/h$  immer möglich. Die Gefahr eines Schrägdruckbruches der "Betonzähne" ist besonders bei profilierten Querschnitten mit stark bewehrten, dünnen Stegen gegeben.

Durch Anordnung einer Druckplatte wird die Biegesteifigkeit eines Balkens vergrößert, Risse treten erst bei höheren Lasten auf. Infolge starker Stegbewehrung und geringerer Biegeverformungen bleiben die Rißbreiten klein, die Schubtragfähigkeit von Biegedruckzone und Rißverzahnung wird stabilisiert. Durch die hohe Dehnsteifigkeit einer starken Stegbewehrung wird die Querkraft überwiegend durch ein "Fachwerk" abgetragen, wobei die anderen Schubübertragungselemente entlastet werden.

Das Versagen tritt ohne Fließen der Schubbewehrung durch Überschreitung der Druckfestigkeit der geneigten Betonzähne ein, was u.a. durch Betonabplatzungen an den Stegoberflächen bemerkbar wird (Bild 7).

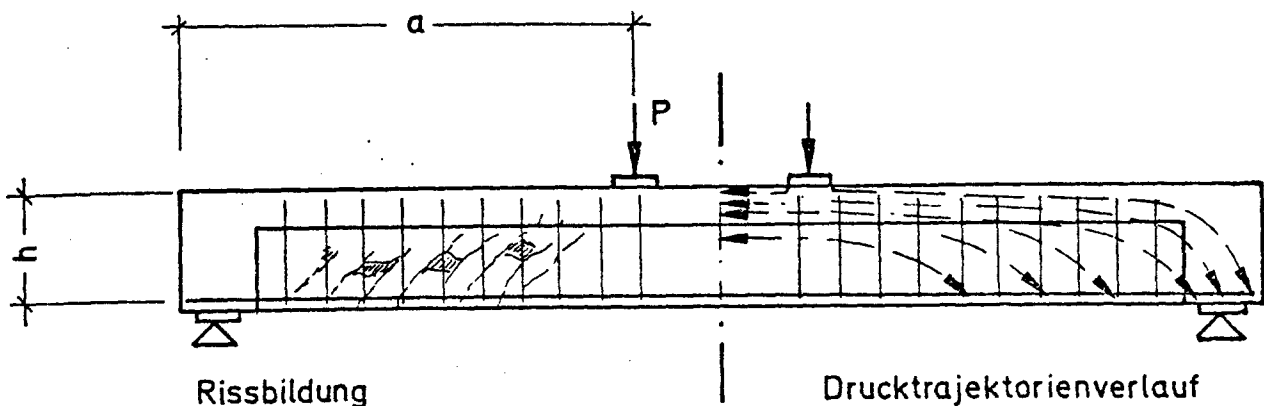


Bild 7 Schrägdruckbruch

#### 4. Empirische Zusammenhänge zur Ermittlung der Schubtragfähigkeit

##### 4.1 Allgemeines

Aus der Diskussion der einzelnen Schubbrucharten im vorangegangenen Abschnitt geht die bereits eingangs erwähnte maßgebende Rolle des geometrischen Verhältnisses 'Schubschlankheit' ( $\lambda_s = a/h$ , Bild 1) auf das Schubtragverhalten von Stahlbeton - Biegetragwerken eindeutig hervor.

Mit abnehmender Schubschlankheit wächst der Schubkraftanteil, der durch die Biegedruckzone sprengwerkartig abgetragen wird und entsprechend erhöht sich die Gesamtschubtragfähigkeit eines Bauteils. Sie ist beim Scherbruch größer als beim Schubdruckbruch und bei diesem größer als beim Schrägzugbruch. Beim Versuch, die Schubtragfähigkeit durch empirische Zusammenhänge zu beschreiben, bietet sich daher die Schubschlankheit als ein maßgebender Parameter an und dient der Berücksichtigung unterschiedlicher Brucharten.

Bei entsprechender Kombination der übrigen, die einzelnen Schubabtragungselemente beeinflussenden, vorwiegend physikalischen Parameter kann jedoch die bruchbestimmende Rolle der Schubschlankheit aufgehoben werden, wie dies z.B. aus dem Mechanismus des Schrägdruckbruches zu erkennen ist: eine empirische Erfassung dieser Bruchart ist nur vorstellbar, indem die Schubtragfähigkeit in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit nach oben begrenzt wird.

Innerhalb einer jeden Bruchart wirken sich die übrigen Parameter wie Betonfestigkeit, Bewehrungsgrad, Belastungsart etc. neben der Schubschlankheit maßgeblich auf die maximal erreichbare Schubtragfähigkeit aus. In den nachfolgenden Betrachtungen wird daher grundsätzlich von der Gleichwertigkeit aller wichtigen Parameter auszugehen sein.

Für Balken mit Schubbewehrung wird unterstellt, daß die Tragfähigkeit aus der Summe der Einzeltragfähigkeit des nicht schubbewehrten Balkens und der Schubbewehrung ermittelt werden kann. Die Problematik dieses Verfahrens bzw. die sich hieraus ergebende Notwendigkeit der Formulierung oberer und unterer Gültigkeitsgrenzen wird in Abschnitt 4.3.3 erörtert.

Bei Verwendung empirischer Zusammenhänge zur Beschreibung bestimmter Phänomene ist ihr Zustandekommen, d.h. die genaue Erklärung der einzelnen Phasen der Approximation, von sekundärer Bedeutung, da es in erster Linie auf die Güte der erzielten Endergebnisse ankommt. Dementsprechend werden auch in der vorliegenden Arbeit die Endergebnisse für nicht schubbewehrte - Abschnitt 4.4 - und schubbewehrte - Abschnitt 4.5 - Biegetragwerke, einschließlich der statistischen Nachweise der Güte der angegebenen Zusammenhänge einer in Einzelheiten gehenden Begründung ihrer Annahme vorangestellt. Auf diese Weise soll auch betont werden, daß einzelnen Abweichungen zwischen empirischen und experimentell gefundenen Abhängigkeiten bei einer anschließend in dem Abschnitt 5 durchgeführten Parameterstudie nur sekundäre Bedeutung beizumessen ist.

#### 4.2 Auswertungsmethode

Die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von einem bestimmten Parameter  $P_i$  ließe sich beim Vorliegen entsprechender Versuchsergebnisse optimal ermitteln, indem unter Beibehaltung aller anderen Merkmale der untersuchte Parameter systematisch variiert wird. Da nicht ohne weiteres ausgeschlossen werden kann, daß die in dieser Weise erfaßten einzelnen Teilabhängigkeitsfunktionen  $f(P_i)$  voneinander abhängig sind, wäre dies durch Auswertung zusätzlicher Versuchsergebnisse zu überprüfen. Zu diesem Verfahren wäre eine Vielzahl umfangreicher systematischer Versuchsserien erforderlich, die aber trotz der großen Anzahl bisher bekannter Schubversuche in der beschriebenen Durchführungsweise nicht vorliegen. Bei der Analyse der Ab-

hängigkeit der Schubtragfähigkeit von den einzelnen Parametern zwecks Gewinnung von Teilabhängigkeiten müssen daher bestimmte Annahmen getroffen werden, deren Richtigkeit nur durch indirekte Vergleiche überprüft werden kann.

Bhal [19] fand aus Ähnlichkeitsbetrachtungen heraus, daß der Rechenwert der Schubspannungen zum Zeitpunkt der Schubrißbildung als Produkt von vier unabhängigen Teilabhängigkeitsfunktionen ausgedrückt werden kann. Bei der vorliegenden Untersuchung wird auf dieser Grundlage aufgebaut. In Erweiterung hierzu wird vorausgesetzt, daß die Schubtragfähigkeit ebenfalls als Produkt unabhängiger Funktionen darstellbar ist. Die Richtigkeit dieser Voraussetzung wird anhand der jeweils erzielten Ergebnisse überprüft. Sofern sich bestimmte Funktionen in Abhängigkeit von den Bruchmechanismen oder durch gegenseitige Beeinflussung ändern, werden entsprechende Korrekturen eingeführt, die die Berücksichtigung solcher Einflüsse erlauben. Mit diesen Voraussetzungen bietet sich die Möglichkeit, Teilabhängigkeitsfunktionen auch ohne umfangreiche systematische Versuchsserien zu definieren, und zwar nach der Methode der 'schrittweisen Näherung' von Chang und Kesler [47]:

Aus einer vergleichsweise geringen Anzahl von Versuchen, die sich nur in einem Merkmal wesentlich unterscheiden, wird die Abhängigkeit des Rechenwertes der Schubspannung zum Zeitpunkt des Versagens  $\tau_u$  von einem Parameter  $P_1$  in erster Näherung festgestellt. Durch Beziehung der Schubtragfähigkeit auf die so ermittelte Funktion  $f(P_1)$  kann bei der Ermittlung des Einflusses einer weiteren Balkeneigenschaft bereits eine größere Anzahl von Versuchen herangezogen werden, da der Einfluß des ersten Parameters durch die Beziehung

$$\frac{\tau_u}{f(P_1)} = c \cdot f(P_2) \quad (4.1)$$

bereits eliminiert wird.

Dieses Verfahren kann fortgesetzt werden bis alle Abhängigkeitsfunktionen bekannt sind. Dabei kann die Anzahl der herangezogenen Versuche mit jedem Parameter größer gewählt werden. Die Gesamtschubtragfähigkeit, ausgedrückt durch den Rechenwert der maximalen Schubspannung  $\tau_{uR}$ , entspricht dem Produkt aller Teilabhängigkeitsfunktionen. Im Idealfall ist sie identisch mit der experimentell bestimmten Schubtragfähigkeit

$$\tau_u \longrightarrow \tau_{uR} = f(P_1) \cdot f(P_2) \cdot f(P_3) \cdot \dots \cdot f(P_i) \quad (4.2)$$

Da die Approximation mit einer relativ geringen Anzahl von Versuchen begonnen wird, ergibt sich beim ersten Durchgang eine nur relativ grobe Näherung, die allerdings durch mehrfache Iteration verbessert wird.

#### 4.3 Aufbau der empirischen Zusammenhänge

##### 4.3.1 Bezugswert

Die in den folgenden Abschnitten zu diskutierenden Zusammenhänge für nicht schubbewehrte und für schubbewehrte Biegetragwerke sind auf die Rechenwerte der Schubspannung im Bruchzustand als repräsentative Vergleichsgröße bezogen:

$$\tau_u = \frac{Q_u}{b \cdot z} = \frac{Q_u}{7/8 \cdot b \cdot h} \quad (4.3)$$

Die Genauigkeit des geschätzten Wertes für den Hebelarm der inneren Kräfte von  $z = 7/8 h$  wird nicht näher überprüft, da sie angesichts der zu erwartenden Streubreite anderer Parameter offensichtlich ausreichend ist.

#### 4.3.2 Nicht schubbewehrte Tragwerke

Die Schubtragfähigkeit unbewehrter Biegetragwerke wird anhand der physikalischen Größen

- Serienfestigkeit des Betons  $\beta_{ws}$  (mittlere Würfeldruckfestigkeit) und
- Biegezugbewehrungsgrad

$$\mu_l = \frac{F_{el}}{b \cdot h} \quad (4.4)$$

Mit  $b$  : Breite des Querschnitts

$F_{el}$  : Querschnitt der Biegezugbewehrung

sowie der geometrischen Größen

- Balkennutzhöhe  $h$  und
- Schubschlankheit

$$\lambda_s = \frac{a}{h} \quad (4.5)$$

approximiert. Bei Belastung durch Gleichlast bzw. durch mehrere Einzellasten wird anstelle von  $\lambda_s$  der Quotient Stützweite/Nutzhöhe, die Balkenschlankheit

$$\lambda = \frac{l}{h} \quad (4.6)$$

in die Betrachtung einzubeziehen sein. In Anlehnung an Vorschläge von Kani [50] ist näherungsweise auch folgende Umrechnung zwischen Schlankheit und Schubschlankheit möglich:

$$\begin{aligned} \lambda \leq 10 & : \lambda_s = 0,25 \lambda \\ \lambda \geq 10 & : \lambda_s = 2,5 \end{aligned} \quad (4.7)$$

Die gesuchte Tragfähigkeitsgleichung für den nicht schubbewehrten Fall lautet mit diesen Parametern:

$$\tau_u = \tau_{u0} = f(\beta_{ws}, \mu_l, h, \lambda_s) \quad (4.8)$$

In dieser Form wird die Schubtragfähigkeit unabhängig von der Querschnittsform gesucht, da eine eingehende Untersuchung der Ergebnisse an Biegetragwerken mit T - Querschnitt (vgl. Abschnitt 5.2.4) eine gesonderte Betrachtung dieses Falles nicht angebracht erscheinen läßt.

Plattenstreifen sind den übrigen Rechteckquerschnitten gleichzusetzen, sofern der Stababstand der Längsbewehrung keine extremen Werte annimmt (vgl. Abschnitt 5.2.3).

#### 4.3.3 Schubbewehrte Tragwerke

Die Schubtragfähigkeit eines schubbewehrten Biegetragwerkes wird voraussetzungsgemäß aus der eines entsprechenden nicht schubbewehrten ( $\tau_{u0}$ ) und dem Anteil der Schubbewehrung ( $\tau_{u1}$ ) additiv zusammengesetzt:

$$\tau_u = \tau_{u0} + \tau_{u1} \quad (4.9)$$

Der Anteil  $\tau_{u1}$  wird anhand der physikalischen Größen

- Schubbewehrungsgrad

$$\mu_s = \frac{F_{e,q}}{b \cdot s \cdot \sin \beta} \quad (4.10)$$

mit $F_{e,q}$	Querschnitt eines Schubbewehrungselementes
$s$	Abstand der Schubbewehrungselemente
$\beta$	Neigung der Schubbewehrungselemente

- Streckgrenze der Schubbewehrung  $\beta_s$  und
- einer Funktion zur Bewertung der Verankerungselemente der Bügel  $f(V)$

sowie der geometrischen Parameter

- Balkennutzhöhe  $h$
- Schubschlankheit  $\lambda_s$  und
- bezogener Schubbewehrungsabstand  $s/h$

in folgender Form gesucht:

$$\tau_{u1} = f(\mu_s, \beta_s, f(v), h, \lambda_s, s/h) \quad (4.11)$$

Die größere Tragfähigkeit eines schubbewehrten Balkens gegenüber einem Balken ohne Schubbewehrung beruht auf fachwerkartigem Zusammenwirken von Betonzähnen, Schubbewehrung, Biegedruckzone und Biegezugbewehrung. Zahlreiche experimentelle Untersuchungen zeigen allerdings, daß dieses Fachwerk, dessen Zustandekommen unmittelbar das Vorhandensein einer geeigneten Schubbewehrung voraussetzt, nicht die gesamte Querkraft allein abträgt. Wesentliche Anteile werden weiterhin direkt durch Biegedruckzone (Gewölbetragswirkung), Dübelwirkung der Längsbewehrung und Rißverzahnung abgetragen. Des weiteren ist zu bemerken (vgl. Abschnitt 3), daß der Bruchmechanismus eines Biegetragwerkes vorwiegend durch die Schubschlankheit bestimmt wird und infolge der Anordnung der Schubbewehrung nur modifiziert jedoch in der Regel nicht grundsätzlich verändert wird. Aus diesen Überlegungen darf gefolgert werden, daß eine Superposition der einzelnen Anteile der Schubtragfähigkeit nach (4.9) zwar nicht direkt den physikalischen Inhalt der Querkraftabtragung eines schubbewehrten Balkens widerspiegelt, jedoch auch nicht in unmittelbarem Widerspruch zu diesem steht. Geringere Korrekturen, die wegen einer evtl. Veränderung von  $\tau_{u0}$  als Folge der Hinzunahme eines Bewehrungsanteils notwendig werden könnten, wären damit über  $\tau_{u1}$  zu korrigieren. Dies wird nach experimentellen Ergebnissen bei mittleren Schubbewehrungsgraden der Fall sein. Bei hohen Bewehrungsgehalten ist allerdings zu erwarten, daß  $\tau_{u1}$  nunmehr so hohe Korrekturanteile enthalten müßte, daß sich hierdurch nicht mehr hinnehmbare Verfälschungen einer Funktion nach (4.11) rückwirkend im Bereich mittlerer Bewehrungsgrade einstellen würde. Für die uneingeschränkte Gültigkeit einer additiven Gesetzmäßigkeit muß daher eine obere Grenze definiert werden.

Zu diesem Zweck wurde die Funktion  $\tau_{u1}$  nach (4.11) zunächst nur aus Versuchen ermittelt, bei welchen der Anteil



$(\tau_u - \tau_{u0})$  unterhalb von  $\tau_{u0}$ , d.h. der Tragfähigkeit eines nicht schubbewehrten Vergleichstragwerkes, lag. Hierbei wurde näherungsweise angenommen, daß die Steifigkeitsverhältnisse in etwa die Zugrundelegung einer additiven Gesetzmäßigkeit noch erlauben. Dies wurde durch die gute Übereinstimmung von  $\tau_{u1}$  mit Versuchswerten beliebiger Parameterkombinationen im Bereiche

$$\tau_{u1} \leq \tau_{u0} \quad (4.12)$$

bestätigt.

Erwartungsgemäß führte eine unter Einhaltung der Grenzbedingung (4.12) optimierte Beziehung für  $\tau_{u1}$  zu weniger befriedigenden Ergebnissen oberhalb dieser Grenze. Eine weiterführende Parameterstudie ergab in diesem Bereich folgende Abänderung der Superposition beider Traganteile:

$$\tau_u = \tau_{u0} + \tau_{u0} \sqrt[3]{\frac{\tau_{u1}}{\tau_{u0}}} \quad \text{für } \tau_{u1} \geq \tau_{u0} \quad (4.13)$$

Durch den asymptotischen Charakter dieser Beziehung wird auch sichergestellt, daß die Schubtragfähigkeit durch eine übertriebene Erhöhung der Schubbewehrung nicht mehr wesentlich ansteigt. Dennoch erscheint es zweckmäßig, den Fall eines Schrägdruckbruches zusätzlich durch einen definierten Grenzwert auszuschließen, wobei die maximale Schubtragfähigkeit durch die Festigkeitseigenschaften des Betons in Abhängigkeit von der Bewehrungsführung zu begrenzen ist. Aus der Parameterstudie ergibt sich dieser Grenzwert zu

$$\begin{aligned} \max \tau_u &\leq 0,22 \beta_{ws} \quad \text{für } \beta = 90^\circ \\ \max \tau_u &\leq 0,33 \beta_{ws} \quad \text{für } \beta = 45^\circ \end{aligned} \quad (4.14)$$

Außer der Notwendigkeit, das Superpositionsgesetz nach (4.9) nach 'oben' abzugrenzen, besteht diese auch im Hinblick auf

eine 'untere' Abgrenzung, da eine unterhalb einer Mindestgrenze liegende Schubbewehrung nicht zur Ausbildung eines Fachwerks und daher auch nicht zu einer ausgeprägten Traglasterhöhung führt. Nach den vorliegenden Versuchsergebnissen kann diese Grenze etwa bei

$$\mu_s \beta_s \leq 5,0 \quad (4.15a)$$

gewählt werden. Es gilt dann unterhalb dieser Grenze:

$$\tau_u = \tau_{u0} \text{ und } \tau_{u1} = 0 \quad (4.15b)$$

Während bei nicht schubbewehrten Tragwerken kein Einfluß der Querschnittsform auf die Schubtragfähigkeit erkannt werden konnte, lassen sich wesentliche Tragfähigkeitserhöhungen von T - Querschnitten im Vergleich zu Rechteckquerschnitten im schubbewehrten Fall nicht mehr vernachlässigen.

Da in dieser Weise vor allem die Tragfähigkeitsreserven der Druckzone, resultierend aus einer breiten Gurtplatte, aktiviert werden, erscheint es zweckmäßig, diese Reserve an der entsprechenden Stelle, d.h. beim  $\tau_{u0}$  - Anteil durch ein Zusatzglied zu berücksichtigen:

$$\tau_{u0}^I = \tau_{u0}^0 \cdot f(t/b) \quad ; \quad f(t/b) \geq 1,0 \quad (4.16)$$

wobei  $t/b$  das Verhältnis der Gurtplattendicke zur Stegbreite bezeichnet.

#### 4.4 Schubtragfähigkeit nicht schubbewehrter Biegetragwerke

Entsprechend Gleichung (4.8) wurde die für die Schubtragfähigkeit charakteristische Größe, nämlich der Rechenwert der Schubspannung nach (4.3) unabhängig von der Querschnittsform wie folgt approximiert:

$$\tau_u = \tau_{u0} = \sqrt{\beta_{ws}} \cdot \sqrt[3]{\mu_t} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{\frac{h}{10}}} \cdot f(\lambda_s) \quad (4.17)$$

Gleichung (4.17) ist nicht dimensionsecht; die Schubtragfähigkeit  $\tau_{u0}$  ergibt sich in  $\text{kp/cm}^2$ , wenn nachfolgend genannte Dimensionen verwendet werden:

$$\beta_{ws} [\text{kp/cm}^2] ; \mu_l [\%] ; h [\text{cm}]$$

Für die Funktion  $f(\lambda_s)$  gelten folgende Zusammenhänge

Einzellast:

$$\begin{aligned} \lambda_s \leq 2,0 & : f(\lambda_s) = 6,0 - 2,2 \cdot \lambda_s \\ 2,0 \leq \lambda_s \leq 3,5 & : f(\lambda_s) = 0,795 + 0,293 (3,5 - \lambda_s)^{2,5} \\ \lambda_s \geq 3,5 & : f(\lambda_s) = 0,90 - 0,03 \cdot \lambda_s \end{aligned} \quad (4.18a)$$

Gleichlast:

$$\begin{aligned} \lambda & \leq 8,0 & f(\lambda) &= 7,4 - 0,67 \cdot \lambda \\ 8,0 \leq \lambda & \leq 14,0 & f(\lambda) &= 1,15 + 0,00964 (14 - \lambda)^{2,5} \\ \lambda & \geq 14,0 & f(\lambda) &= 1,36 - 0,015 \lambda \end{aligned} \quad (4.18b)$$

Alternativ besteht die Möglichkeit, auch bei Gleichlast  $\lambda_s$  nach (4.7) einzuführen und  $f(\lambda_s)$  nach (4.18a) zu verwenden.

Die "Wirklichkeitsnähe" von Gleichung (4.17) wurde an

- 442 Versuchen an durch Einzellast belasteten Einfeldbalken mit Rechteckquerschnitt
- 86 Versuchen wie oben jedoch bei Gleichlast und
- 72 Versuchen an durch Einzellasten belasteten Einfeldbalken mit T-Querschnitt

überprüft. Auf eine kritische Würdigung der Versuche mußte im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden; für Einzelheiten wird auf die Originalarbeiten oder auf zusammenfassende Studien wie von Hognestad [49] (Versuche bis 1952) und Dilger [48] (Versuche nach 1952) verwiesen.

Da keine Versuche an statisch unbestimmt oder indirekt gelagerten Tragwerken in die Parameterstudie einbezogen wurden, sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres auch auf diese Lagerungsarten anwendbar.

57

Leonhardt und Walther [58] stellten aufgrund der von ihnen durchgeführten Schubversuche fest, daß Durchlaufträger bezüglich des Schubverhaltens ähnliche Ergebnisse zeigen wie vergleichbare Einfeldbalken. Allerdings wirkt sich der schlechtere Verbund der im Stützenbereich oben liegenden Biegezugbewehrung zum Teil schädlich aus und führt zu vergleichsweise früherem Versagen. Sollen daher auch Durchlaufträger nach (4.17) berechnet werden, so sind gleichwertige Bedingungen entweder durch Begrenzung der Verbundspannungen zu gewährleisten oder es ist bei der Definition zulässiger Spannungen im Abschnitt 4.6 ein entsprechend größerer Sicherheitsabstand einzuhalten.

Bei indirekter Lagerung entfällt der günstige Einfluß der Auflagerpressung auf die Biegezugbewehrung im auflagnahen Bereich. Deshalb kann der Tragfähigkeitszuwachs bei auflagnahen Lasten nicht mehr in Ansatz gebracht werden. Da jedoch mit hinreichender Genauigkeit vorausgesetzt werden darf, daß die erwähnte günstige Wirkung bei einem Lastabstand  $a/h \geq 3,0$  nicht mehr vorhanden ist, kann auch die Schubtragfähigkeit indirekt gelagerter Biegetragwerke nach Gl. (4.17) bestimmt werden, wenn  $f(\lambda_s)$  unterhalb dieser Grenze stets mit dem zu  $\lambda_s = 3,0$  gehörenden Wert berücksichtigt wird. Voraussetzung für diese Überlegungen ist das Vorhandensein richtig dimensionierter Aufhängebewehrung.

Um die Güte der empirischen Zusammenhänge zu überprüfen, wurde jeweils der Rechenwert der Schubspannung nach (4.17) dem Versuchswert gegenübergestellt:

$$q_i = \frac{\tau_{UR}}{\tau_{UV}}$$

(4.19)

Zusammen mit weiteren wichtigen Angaben sind diese Werte im Anhang zusammengestellt (Tafel 1 - 3).

Bei Durchsicht der Ergebnisse fällt auf, daß beim Versuch Nr. 56 von [8] (Tafel 2) eine außergewöhnliche Überschätzung der Tragfähigkeit durch den Rechenwert erfolgt. Bei diesem Versuch wurde abweichend von den anderen der gleichen Serie die Längsbewehrung nicht mit Ankerplatten verankert. Es ist anzunehmen, daß der Bruch wegen ungenügender Verankerung frühzeitig auftrat. Zwar bezeichnen die Autoren die Versagensart auch bei diesem Balken als Schubdruckbruch, doch wurde vermutlich die Druckzone durch eine evtl. 'gleitende' Bewehrung rascher eingeschnürt und die Schubtragfähigkeit vorzeitig erreicht.

Die Verhältnisse  $q_i$  nach Gl. (4.19) wurden statistisch weiter verarbeitet. Hierfür wurden die Größen

Mittelwert 
$$m = \frac{1}{n} \sum_1^n q_i$$

Standardabweichung 
$$s = \sqrt{\sum_1^n (q_i - m)^2 / (n-1)}$$

Variationskoeffizient 
$$v = \frac{s}{m}$$

gebildet und bei den graphisch dargestellten Häufigkeitsverteilungen der Werte  $q_i$  stets angegeben.

Die Darstellung erfolgte für die drei Versuchsgruppen getrennt (vgl. Bilder 8 - 10), um evtl. vorhandene systematische Abweichungen infolge Belastungsart oder Querschnittsform nicht zu überlagern.

Ergänzend zu den statistischen Auswertungen enthalten die Bilder 11 - 22 die normierten Tragfähigkeiten  $q_i$  jeweils bei Variation eines einzigen Parameters. Diese Bilder bestätigen zusätzlich zu den in Abschnitt 5 enthaltenen Parameterstudien die grundsätzlich richtige Tendenz der aufgestellten empirischen Zusammenhänge.

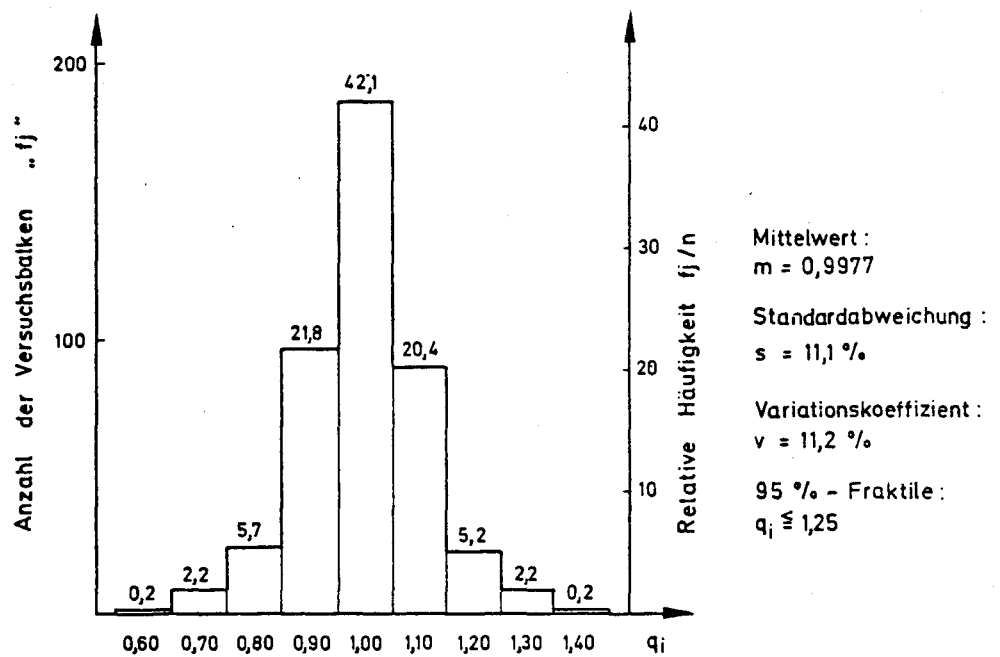


Bild 8 Rechteckbalken ohne Schubbewehrung , Einzellast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 442 Versuche

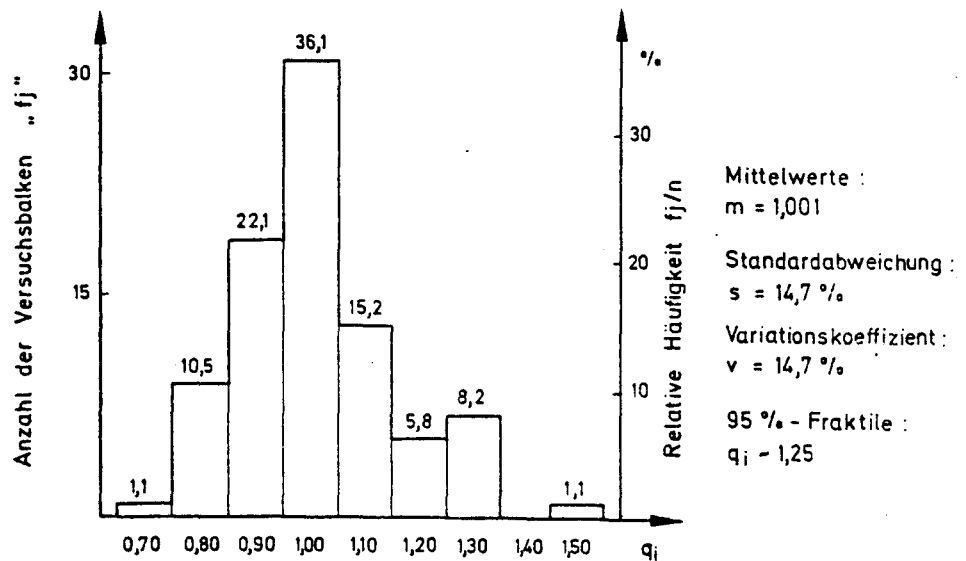


Bild 9 Rechteckbalken ohne Schubbewehrung , Gleichlast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 86 Versuche

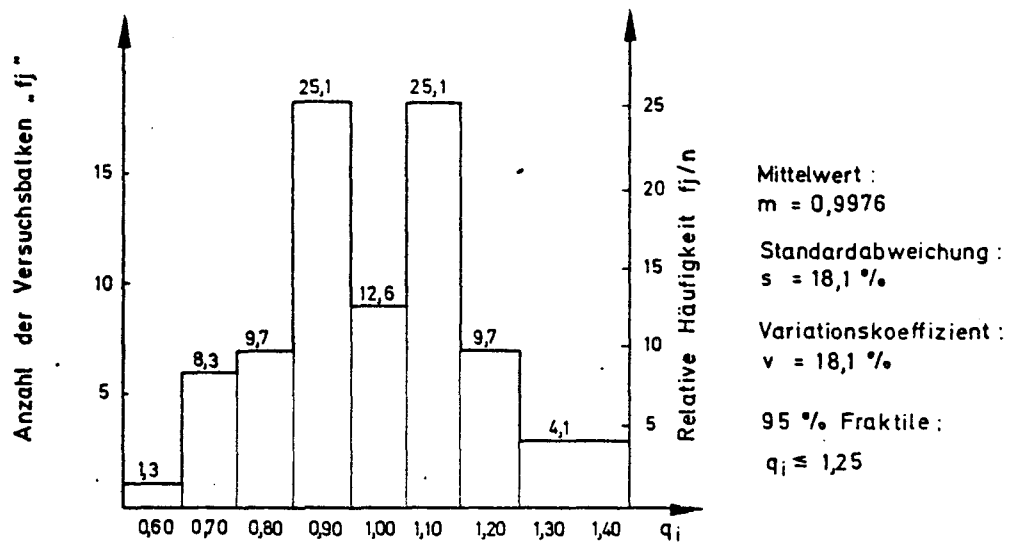


Bild 10: Plattenbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 72 Versuche

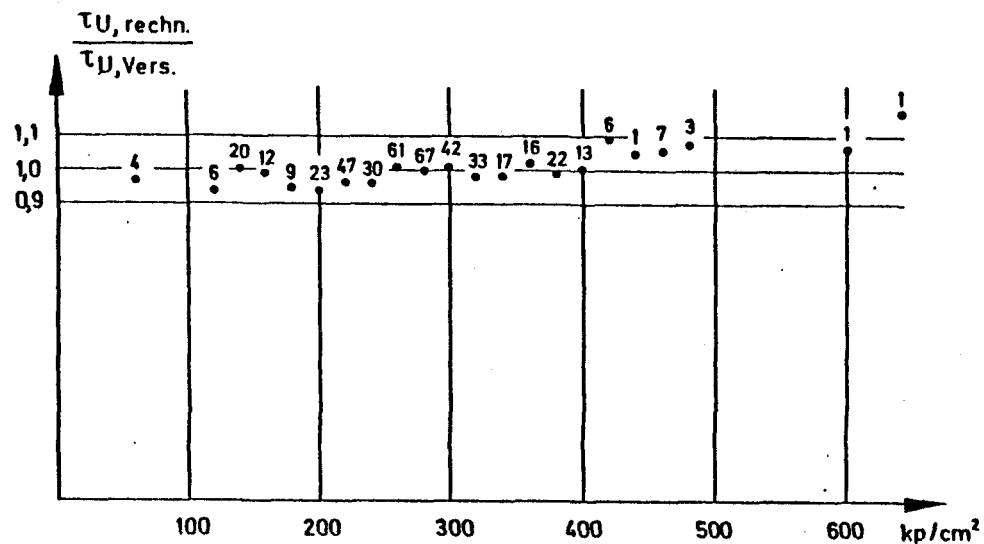


Bild : 11  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Betongüte  $\beta_c = 0,85 \beta_{w20}$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

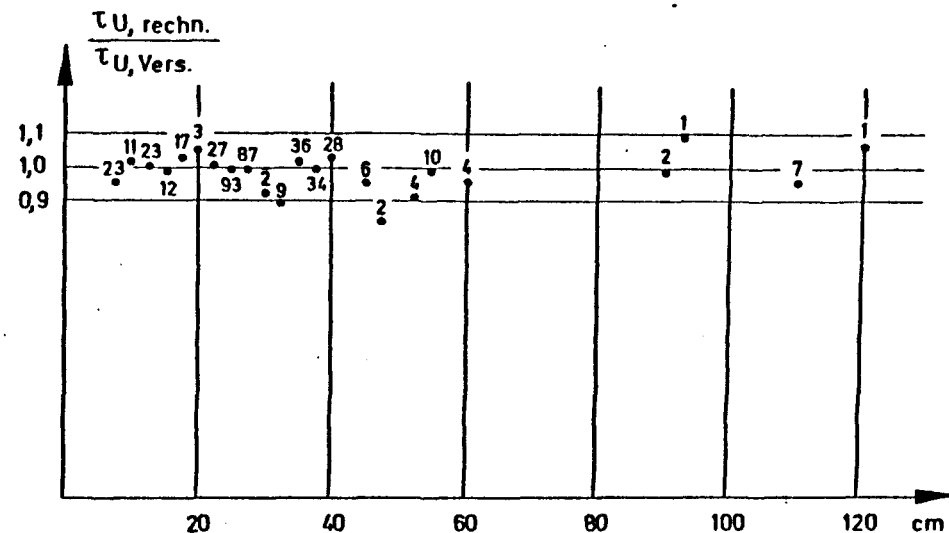


Bild : 13  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Nutzhöhe  $h$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

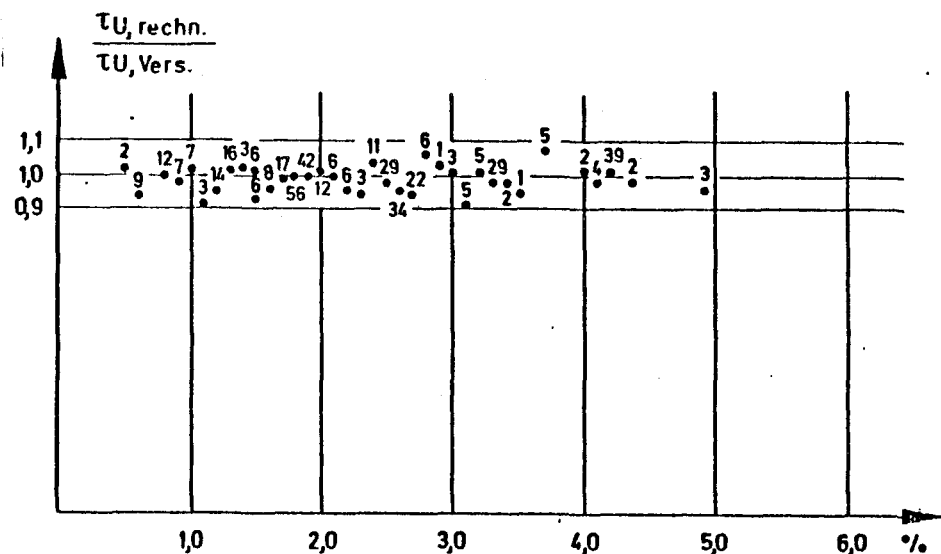


Bild : 12  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit vom Längsbewehrungsgrad  $\mu_l$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast

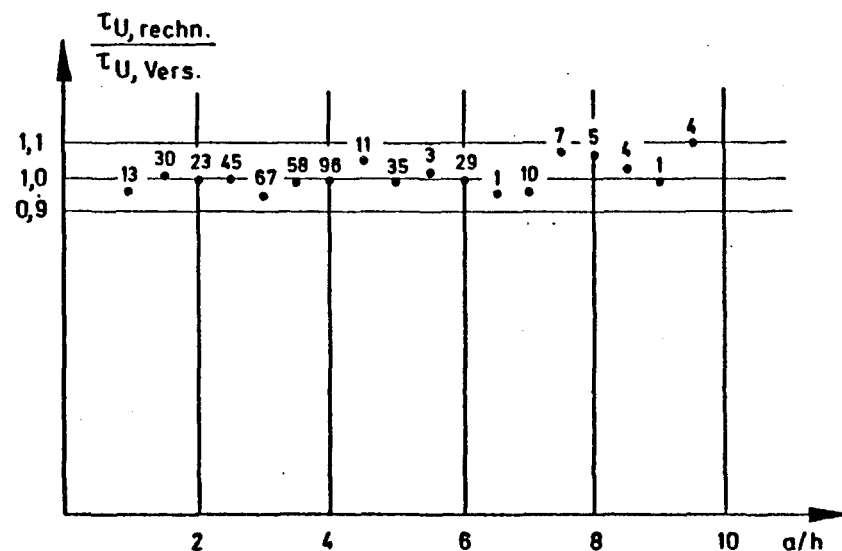


Bild : 14  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Schubschlankheit  $a/h$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast



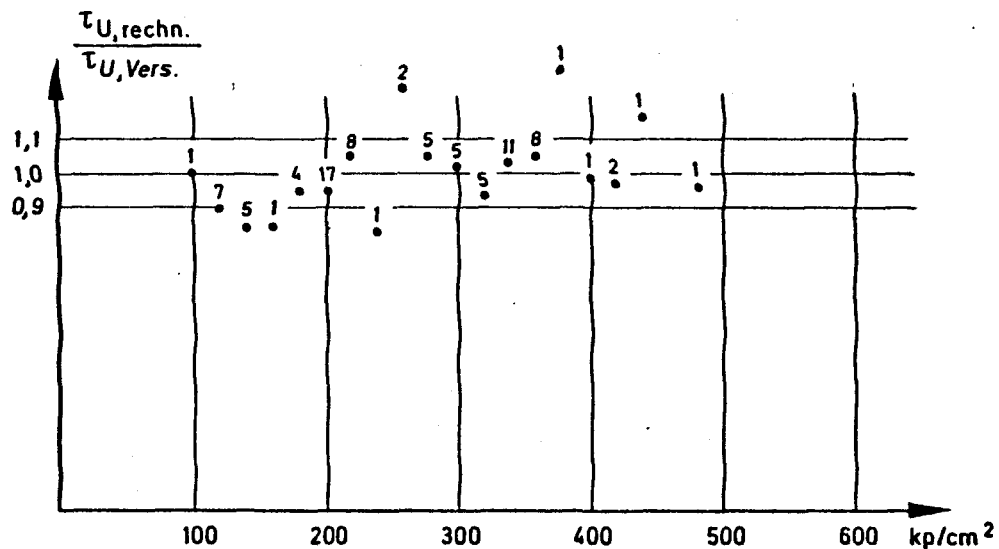


Bild : 15  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Betongüte  $\beta_c = 0,85 \beta_{w20}$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Gleichlast.

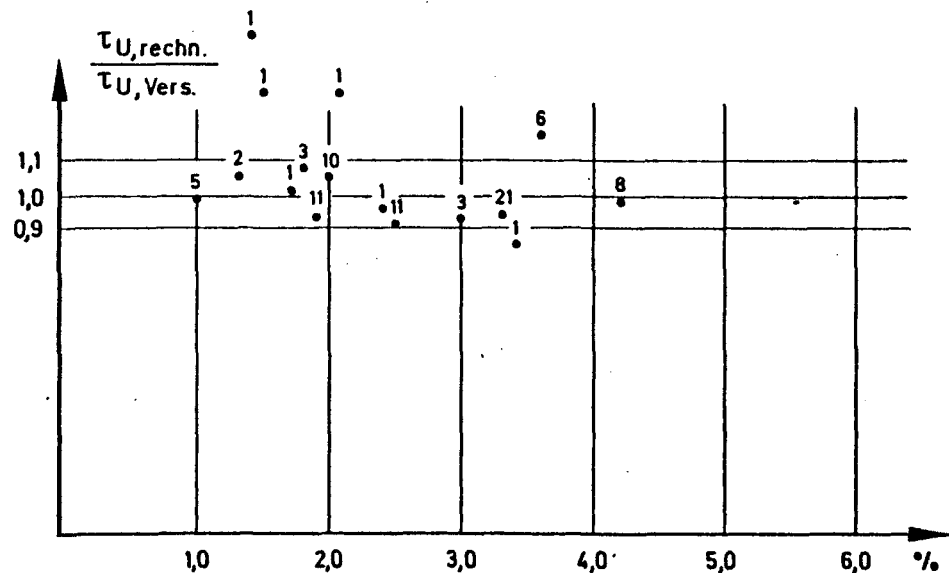


Bild : 16  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit vom Längsbewehrungsgrad  $\mu_l$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Gleichlast.

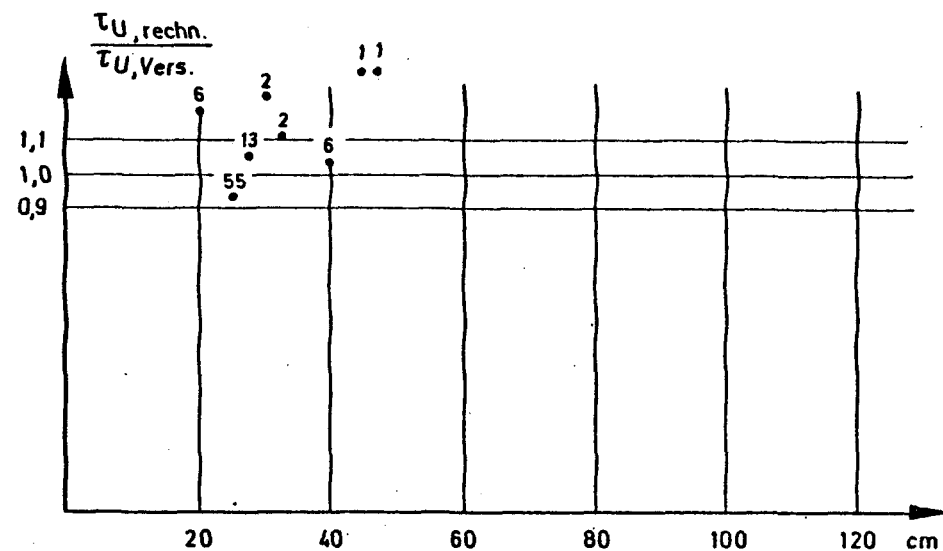


Bild : 17  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Nutzhöhe  $h$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Gleichlast.

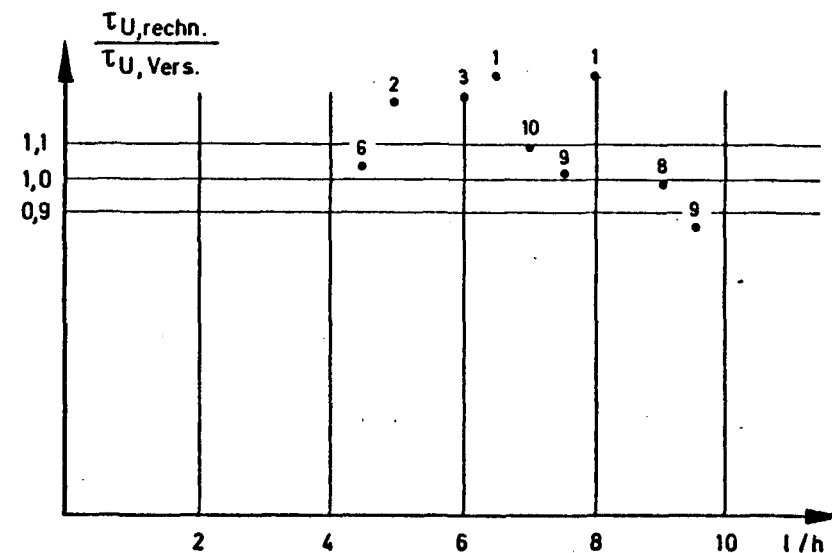


Bild : 18  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Schlankheit  $l/h$  bei Rechteckbalken ohne Schubbewehrung, Gleichlast.

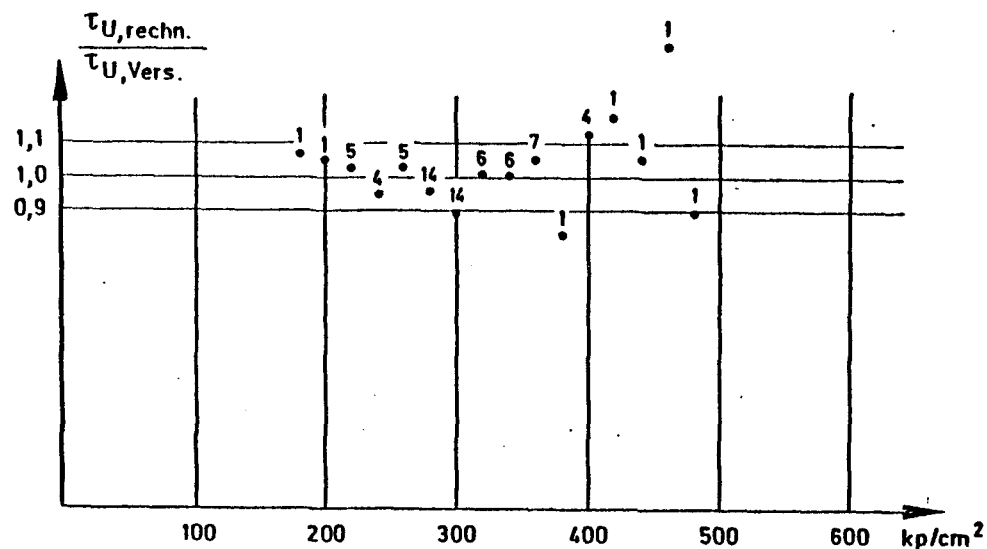


Bild : 19  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Betongüte  $\beta_c = 0,85 \beta_w$  bei Plattenbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

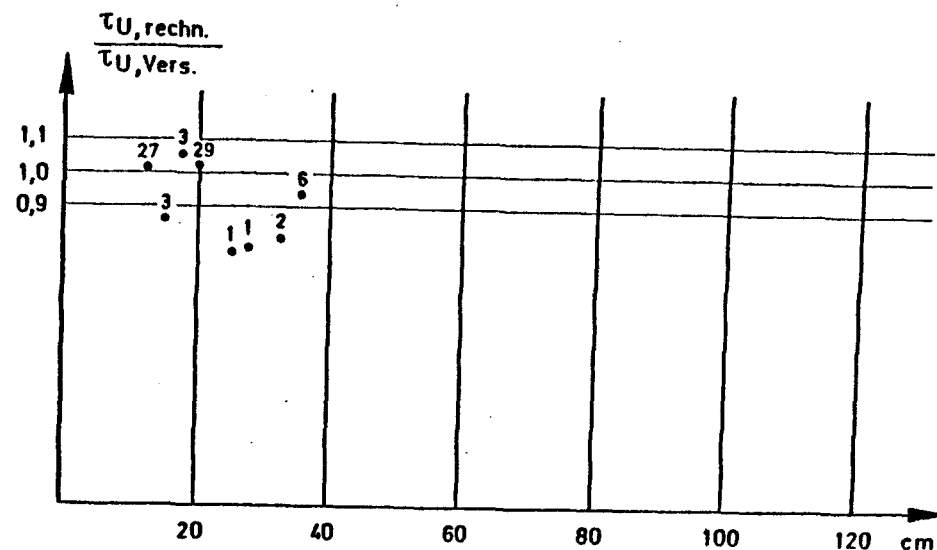


Bild : 21  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Nutzhöhe  $h$  bei Plattenbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

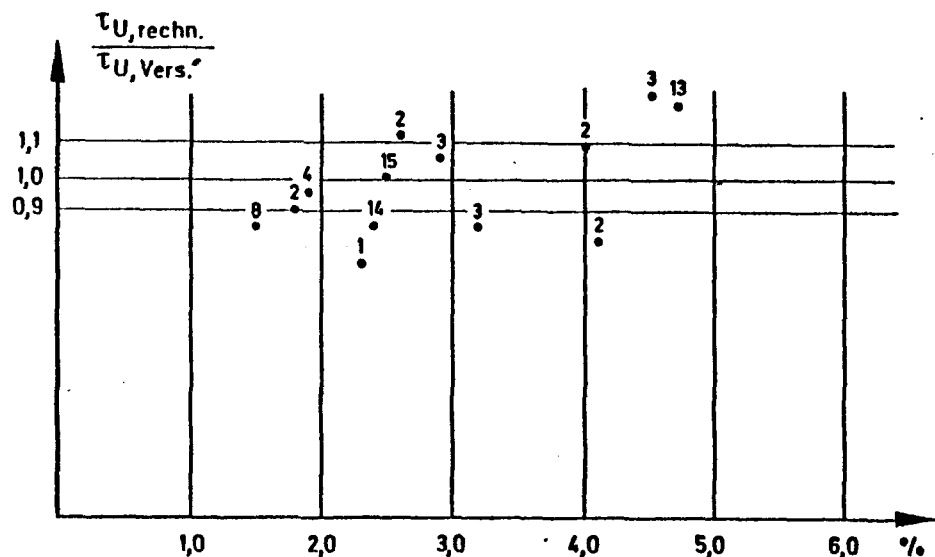


Bild : 20  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit vom Längsbewehrungsgrad  $\mu_l$  bei Plattenbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

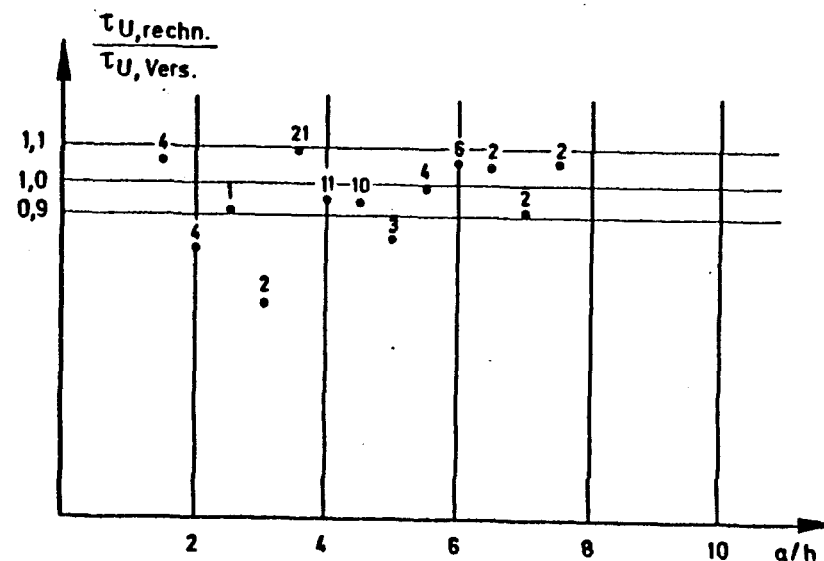


Bild : 22  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Schlankheit  $a/h$  bei Plattenbalken ohne Schubbewehrung, Einzellast.

#### 4.5 Schubtragfähigkeit schubbewehrter Biegetragwerke

Nach Abschnitt 4.3.3 gelten für diese Gruppe der Tragwerke folgende allgemeine Zusammenhänge:

$$\tau_u = \tau_{u0} \quad (\tau_{u1} = 0) \quad \text{für } \mu_s \beta_s \leq 5,0 \quad (4.20 a)$$

$$\tau_u = \tau_{u0} + \tau_{u1} \quad \text{für } \tau_{u1} \leq \tau_{u0} \quad (4.20 b)$$

$$\tau_u = \tau_{u0} \left(1 + \sqrt[3]{\frac{\tau_{u1}}{\tau_{u0}}}\right) \quad \text{für } \tau_{u1} \geq \tau_{u0} \quad (4.20 c)$$

$$\max \tau_u \leq 0,22 \beta_{ws} \quad \text{für } \beta = 90^\circ \quad (4.20 d)$$

$$\max \tau_u \leq 0,33 \beta_{ws} \quad \text{für } \beta = 45^\circ$$

Bei der Begrenzung der Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit des Betons können Zwischenwerte für  $\beta$ , den Neigungswinkel der Schubbewehrung, linear interpoliert werden.

In Anlehnung an Gl. (4.11) wurde  $\tau_{u1}$  wie folgt approximiert:

$$\tau_{u1} = \mu_s \beta_s \cdot \sqrt[4]{0,18 \cdot h} \cdot f(\lambda) \cdot f\left(\frac{s}{h}\right) \cdot f(v) \quad (4.21)$$

Gl. (4.21) ist nicht dimensionsecht; die Schubtragfähigkeit ergibt sich in  $\text{kp/cm}^2$ , sofern mit nachfolgend genannten Dimensionen gearbeitet wird:

$$\beta_s [\text{kp/cm}^2] ; h [\text{cm}]$$

Alle weiteren Parameter sind dimensionslos.

Für  $f(\lambda)$  sind je nach Schlankheitsverhältnissen folgende Ausdrücke einzusetzen:

Einzellast:

$$\begin{array}{ll} \lambda_s \leq 1,5 & f(\lambda_s) = 0 \\ 1,3 \leq \lambda_s \leq 3,0 & f(\lambda_s) = -1,0 + 0,667 \lambda_s \\ \lambda_s \geq 3,0 & f(\lambda_s) = 1,0 \end{array} \quad (4.22)$$

Gleichlast:

$$\begin{array}{ll} \lambda \leq 6,0 & f(\lambda) = 0 \\ 6,0 \leq \lambda \leq 12,0 & f(\lambda) = -1,0 + 0,1667 \cdot \lambda \\ \lambda \geq 12,0 & f(\lambda) = 1,0 \end{array} \quad (4.23)$$

Für  $f(s/h)$  gilt nach Richtung und Abstand der Schubbewehrung:

$$\begin{array}{ll} \beta = 90^\circ : & s/h \leq 1,0 \longrightarrow f(s/h) = 1,0 \\ & s/h > 1,0 \longrightarrow f(s/h) = 0 \end{array} \quad (4.24a)$$

$$\begin{array}{ll} \beta = 45^\circ : & s/h \leq 2,0 \longrightarrow f(s/h) = 1,0 \\ & s/h > 2,0 \longrightarrow f(s/h) = 0 \end{array} \quad (4.24b)$$

Schließlich wird die Verankerung der Bügel wie folgt berücksichtigt:

$$\begin{array}{ll} \text{verschweißte Bügel} & f(v) = 1,5 \\ \text{sonst. Verank. Bügel} & f(v) = 1,0 \end{array} \quad (4.25)$$

Wie bereits in Abschnitt 4.3.3 ausgeführt, werden die bei Plattenbalken-Tragwerken durch Anordnung einer geeigneten Schubbewehrung geweckten zusätzlichen Tragreserven auf der Betonseite, d.h. bei  $\tau_{u0}$  berücksichtigt. In Anlehnung an (4.16) wird folgende Funktion vorgeschlagen:

$$f(t/b) = 1 + 0,9 \cdot t/b \quad (4.26)$$

Damit ergibt sich

$$\tau_{u0}^I = \tau_{u0}^0 (1 + 0,9 \cdot t/b) \quad (4.27)$$

Die oben genannten empirischen Zusammenhänge wurden an

- 239 Versuchen an durch Einzellasten belasteten Balken mit Rechteckquerschnitt
- 22 Versuchen wie oben jedoch Gleichlast
- 120 Versuchen an durch Einzellasten belasteten Balken mit T-Querschnitt
- 8 Versuchen wie oben jedoch Gleichlast

überprüft. Dabei wurden die Grenzbeziehungen entsprechend Gl. (4.20 a) und (4.20 d) jedoch nicht berücksichtigt. Diese ergaben sich nicht direkt aus der Parameterstudie sondern sie wurden im Hinblick auf weitgehende Ausschaltung unsicherer bzw. nicht überprüfbarer Bereiche bei Analyse der Ergebnisse festgelegt.

Auf eine kritische Würdigung der einzelnen ausgewerteten Versuche wurde auch hier verzichtet. Es gelten die Bemerkungen nach Abschnitt 4.4.

Beim Vergleich der Rechenwerte mit den Versuchswerten wurde wie bei den nicht schubbewehrten Balken (Abschnitt 4.4) verfahren. Es wurden die Verhältnisse  $q_1$  gebildet nach (4.19) und die entsprechenden Häufigkeitsverteilungen getrennt für die drei Hauptgruppen der ausgewerteten Versuche nebst Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Variationskoeffi-

zient in Histogrammen dargestellt (vgl. Bilder 23 - 25).

Die Einzelwerte  $q_i$  bzw. alle wichtigen Versuchsdaten sind im Anhang, Tafel 4 - 7 enthalten.

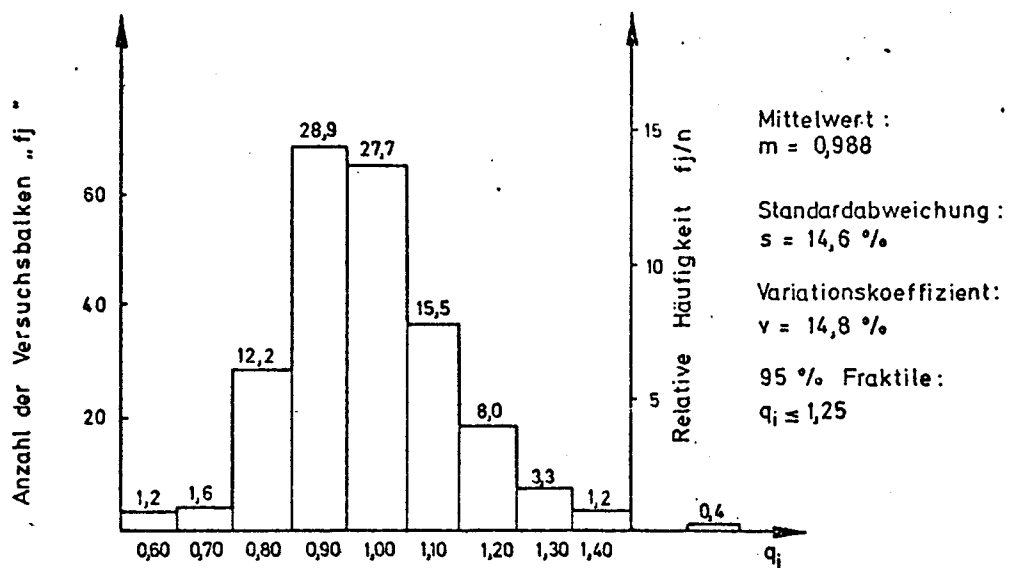


Bild 23: Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Einzellast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 239 Versuche

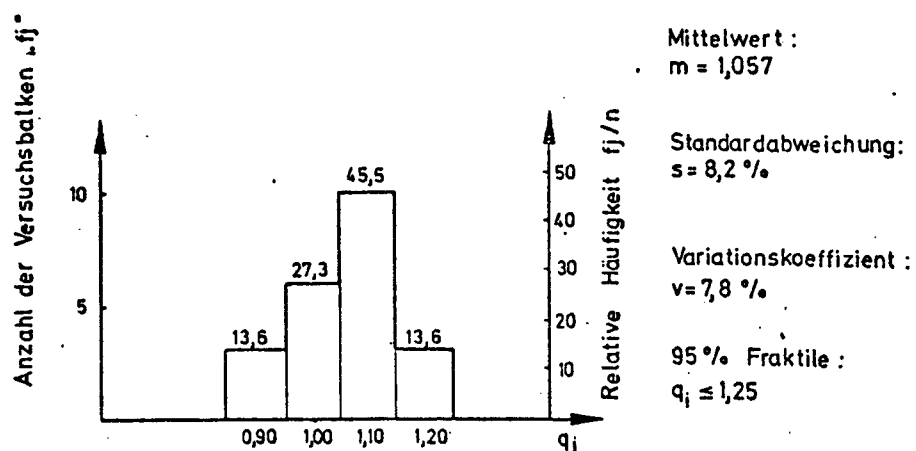


Bild 24: Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Gleichlast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 22 Versuche

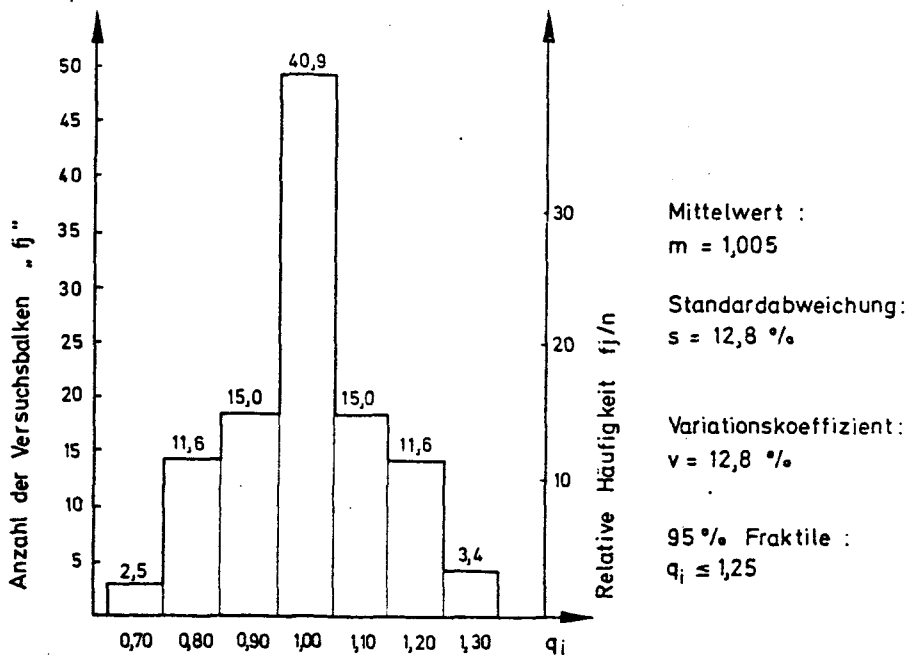


Bild 25: Plattenbalken mit Schubbewehrung, Einzellast  
Häufigkeitsverteilung von  $q_i$  für 120 Versuche

Wie bei Balken ohne Schubbewehrung wurden keine Versuche an indirekt gelagerten Balken in die Untersuchung einbezogen. Da das Problem jedoch unabhängig von der Stegbewehrung - nicht zu verwechseln mit der natürlich notwendigen Aufhängebewehrung - ist, können die Erörterungen unter Pos. 4.4 diesbezüglich ohne Einschränkung auf Balken mit Stegbewehrung übertragen werden.

Bis auf die Versuche an Plattenbalken von Khan [40] waren alle Versuchskörper ausschließlich mit Bügeln bewehrt. Neben der Bügelbewehrung wurden bei den Khan-Versuchen aufgebogene Längsstäbe als Schubbewehrung verwendet. Lediglich eine Mindestbewehrung aus Bügeln mit  $\mu_s \cdot \beta_s = 4,0$  wurde angeordnet. Die Nachrechnung der Versuche ergab vorwiegend eine geringfügige doch systematische Überschätzung der Tragfähigkeit. Die Übertragung der Ergebnisse auf Balken mit ausschließlich aufgebogenen Stäben als Schubbewehrung, ist daher nicht zu empfehlen. Erfahrungen mit Balken, die eine

Kombination von Bügeln und aufgebogenen Eisen enthalten, lassen die Vermutung zu, daß bei Vorhandensein einer Mindestbügelbewehrung Tragfähigkeiten wie bei reiner Bügelbewehrung erzielt werden können.

Die auffällig große Überschätzung der Schubtragfähigkeit des Versuchs Nr. 191 von Regan-Mitra (Tafel 4) läßt sich nur durch ein frühzeitiges Nachgeben der Verankerung der Biegezugbewehrung erklären. Versuch Nr. 192, der bei gleicher Ausbildung aber niedrigerer Betondruckfestigkeit eine höhere Tragfähigkeit erreichte, berechtigt zu dieser Annahme. Leider stand dem Verfasser die Originalarbeit von Mitra [34] nicht zur Verfügung. Die Daten konnten nur einer Veröffentlichung von Regan [50] entnommen werden. So konnte die oben angestellte Vermutung nicht näher überprüft werden.

Ein vergleichsweise hoher Mittelwert von 1,065 bei Balken mit Rechteckquerschnitt und Gleichlast ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Alle Balken waren nur gering bewehrt. Bis auf eine Ausnahme war  $\mu_s \cdot \beta_s \leq 4,80$ , so daß die volle Wirksamkeit der Schubbewehrung aus bereits genannten Gründen zweifelhaft erscheint. Darüber hinaus ist jedoch die hauptsächliche Ursache der weniger zutreffenden rechnerischen Tragfähigkeit in den unterschiedlichen Versuchsbedingungen der einzelnen Versuchsserien zu suchen. Insbesondere die Verwirklichung einer 'Gleichlast' erfolgte derart unterschiedlich, daß ein ähnliches Verhalten aller untersuchten Tragwerke gar nicht erwartet werden kann. Aus diesem Grunde wurde diesen Unregelmäßigkeiten nicht weiter nachgegangen.

Bis auf wenige Ausnahmen wurden nur Versuche an statisch bestimmt gelagerten Einfeldbalken ausgewertet. Bei Plattenbalken wurden mangels entsprechender Versuchsdaten auch Balken mit einem Kragarm (vgl. Guralnik [22]) herangezogen. Schubschlankheit und Balkenschlankheit wurden wie bei Einfeldbal-



ken ermittelt. Da die Balken mit Kragarmen jeweils innerhalb der beiden Auflager versagten, wurden Schubschlankheit und Balkenschlankheit wie bei Einfeldbalken definiert. Obwohl Leonhardt, Walther und Dilger [57] als Schubschlankheit  $a/h$  den Quotienten  $M/Q \cdot h$  zu wählen vorschlagen, konnte auch die Tragfähigkeit dieser Versuchskörper zufriedenstellend nach der in dieser Arbeit verwendeten Definition ermittelt werden.

Die von Leonhardt, Walther und Dilger [58] festgestellte geringere Schubtragfähigkeit von Durchlaufträgern gegenüber vergleichbaren Einfeldträgern liegt noch innerhalb der durch andere Ungenauigkeiten unvermeidbaren Streubreite von etwa 25 % (vgl. Teil 4.6). Bei Berücksichtigung eines entsprechenden Sicherheitsbeiwertes können die empirischen Zusammenhänge vermutlich genügend genau auch auf Durchlaufträger angewendet werden.

Wie bei nicht schubbewehrten Biegetragwerken wird ergänzend zu den statistischen Auswertungen und zur Parameterstudie in Abschnitt 6, die Richtigkeit der empirischen Zusammenhänge durch die Bilder 26 - 33 nachgewiesen.

#### 4.6 Zulässige Schubspannungen und Vergleich der Ergebnisse mit den Angaben in DIN 1045

Da in DIN 1045 beim Nachweis der Schubsicherung von zulässigen Spannungen ausgegangen wird, ist bei einem Vergleich der erzielten Ergebnisse entsprechend zu verfahren: Durch Einführung eines geeigneten von der Bruchart abhängigen Sicherheitsbeiwerts ist die zulässige Schubspannung aus dem Rechenwert der Schubspannung im Grenzzustand abzuleiten und den nach DIN 1045 zulässigen Werten gegenüberzustellen.

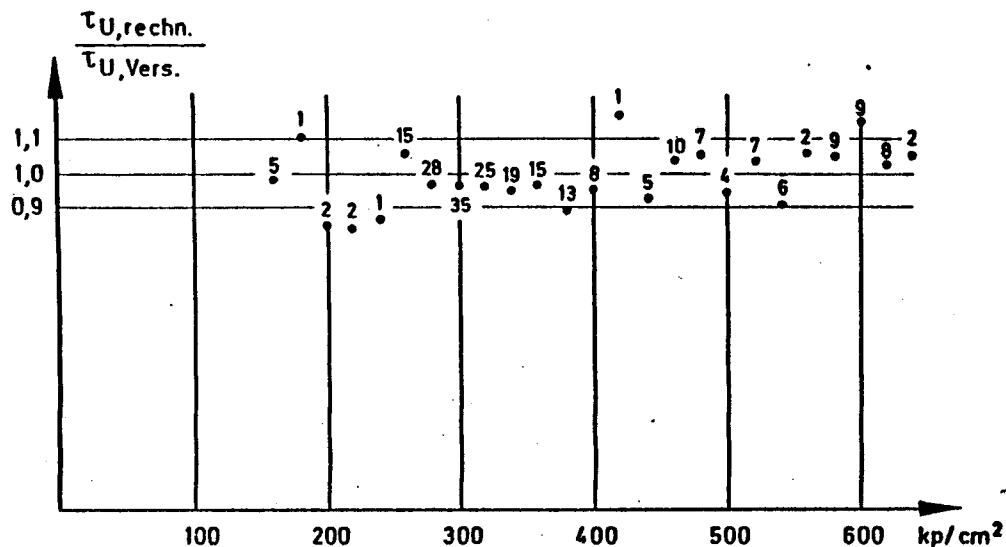


Bild: 26  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Betongüte  $\beta_c = 0,85 \beta_{w20}$  bei Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Einzellast.

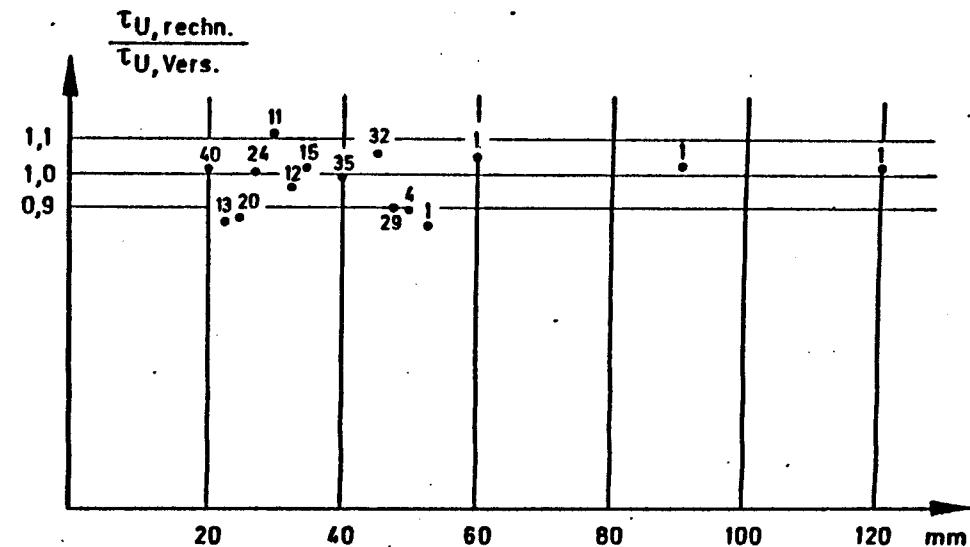


Bild: 28  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Nutzhöhe  $h$  bei Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Einzellast.

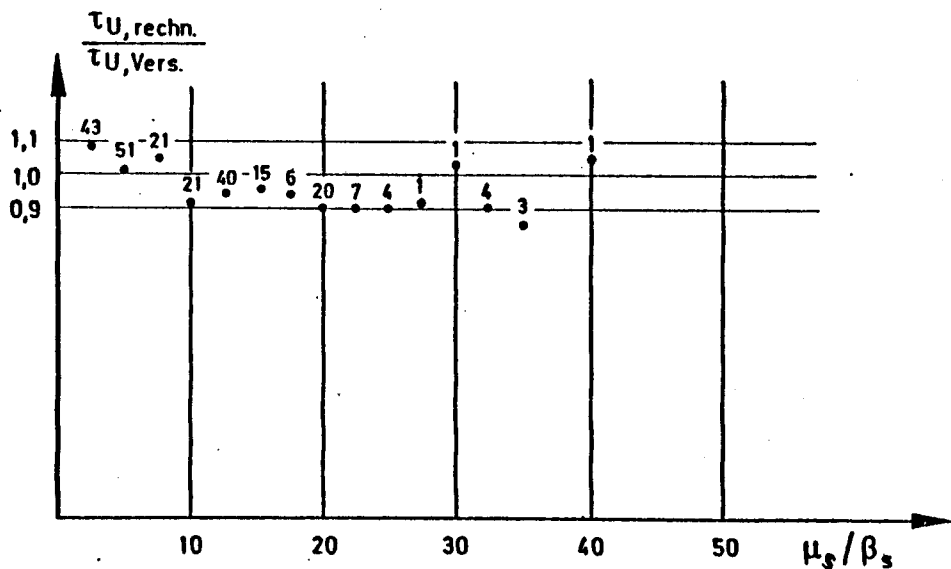


Bild: 27  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von  $\mu_s / \beta_s$  bei Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Einzellast

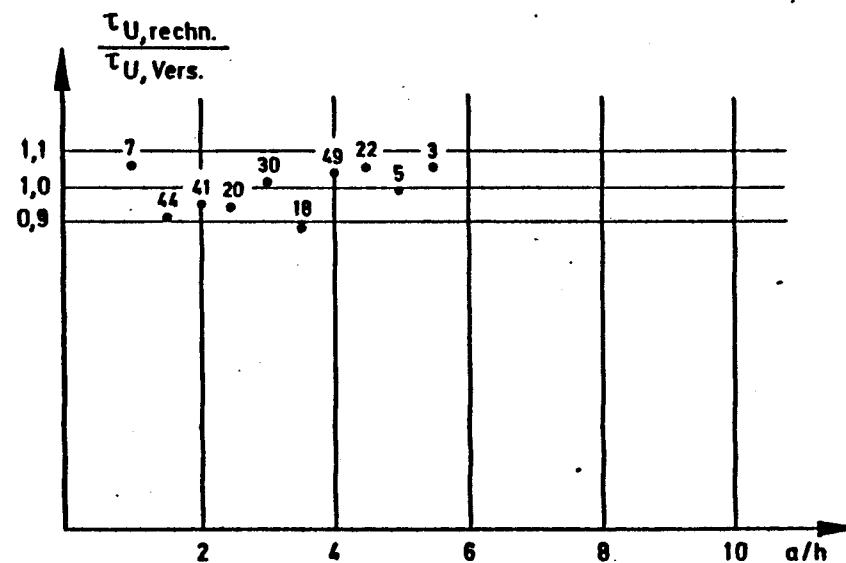


Bild: 29  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Schubslankheit  $a/h$  bei Rechteckbalken mit Schubbewehrung, Einzellast

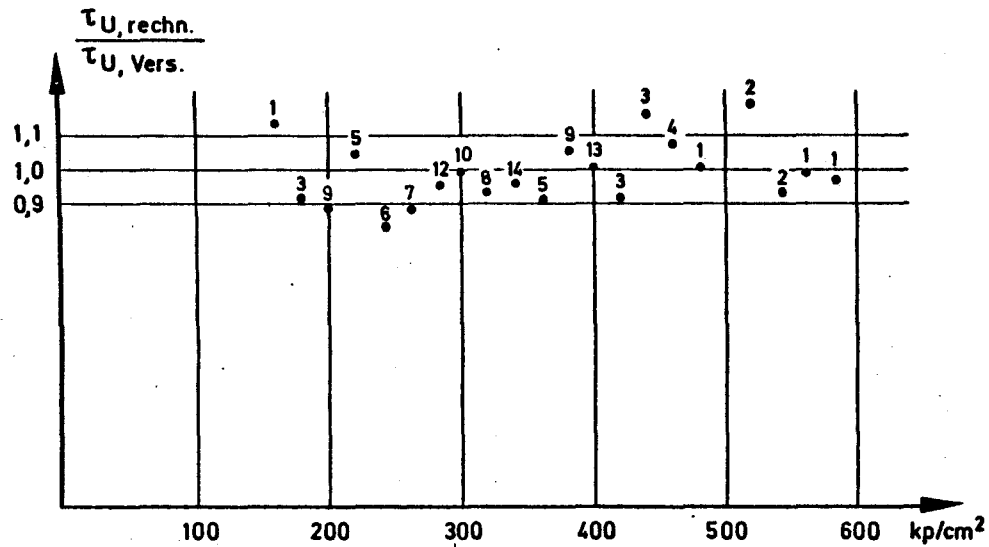


Bild : 30  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Betongüte  $\beta_c = 0,85 \beta_{w20}$  bei Plattenbalken mit Schubbewehrung, Einzellast.

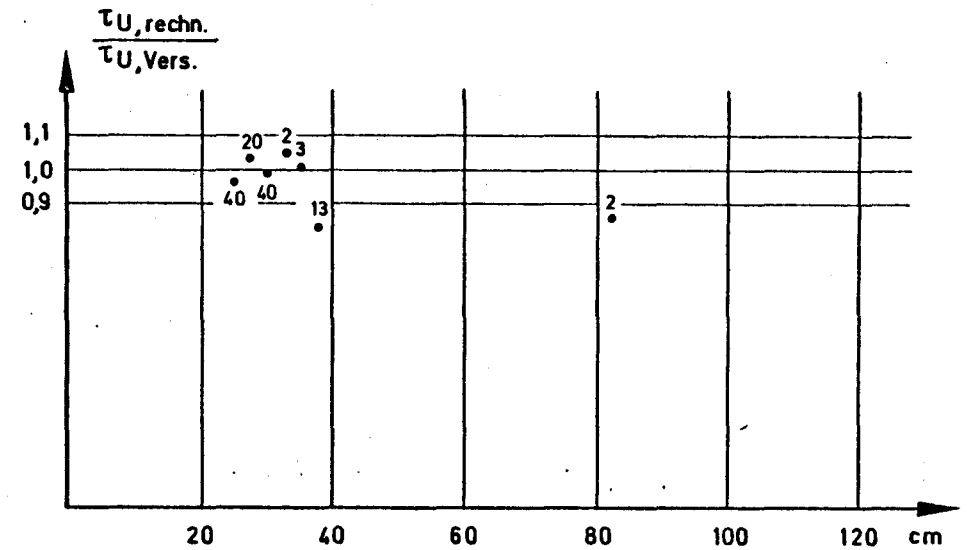


Bild : 32  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Nutzhöhe  $h$  bei Plattenbalken mit Schubbewehrung, Einzellast.

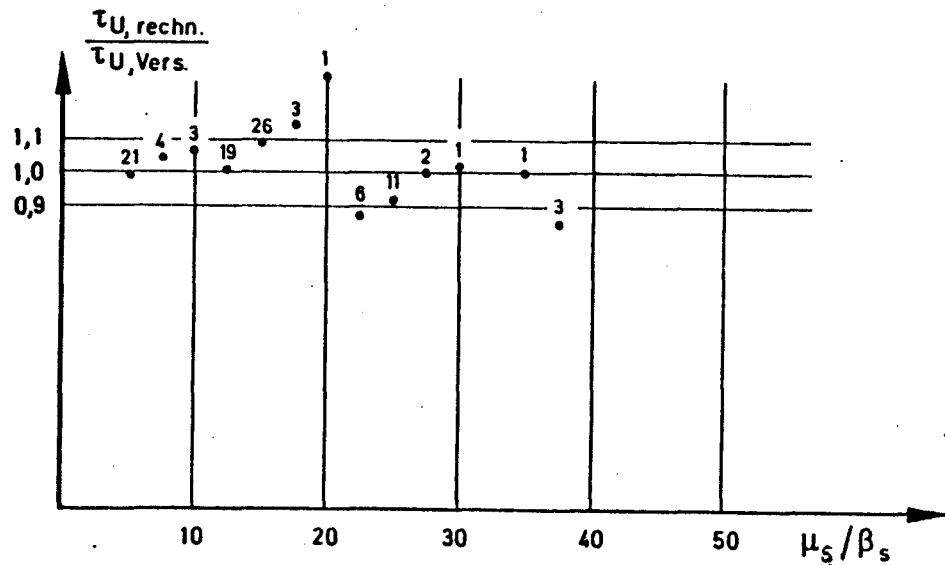


Bild : 31  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von  $\mu_s / \beta_s$  bei Plattenbalken mit Schubbewehrung, Einzellast

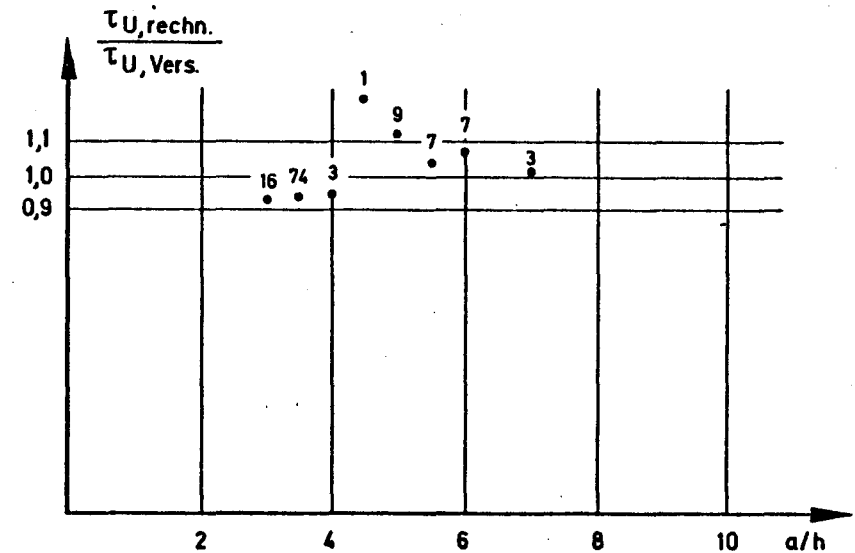


Bild : 33  $\tau_{U, \text{rechn.}} / \tau_{U, \text{Versuch}}$  in Abhängigkeit von der Schubslankheit  $a/h$  bei Plattenbalken mit Schubbewehrung, Einzellast.

In Anlehnung an DIN 1045 wird bei nicht schubbewehrten Balken als globaler Sicherheitsbeiwert für einen Bruch ohne Vorankündigung  $\gamma = 2,1$  gewählt. Bei Versagen durch Schubdruckbruch würde zwar ein geringerer Sicherheitsbeiwert ausreichen, da nach Auftreten des kritischen Risses die Tragfähigkeit noch nicht erschöpft ist. Da aber der Schubschlankheitsbereich, in welchem Schubdruckbruch auftritt, klein ist, wird die geringfügige Überschätzung der Sicherheit in Kauf genommen, zumal der Bruch auch hier schließlich durch Versagen der Druckzone eintritt und somit  $\gamma = 2,1$  gerechtfertigt erscheint.

Bei Balken mit einer Schubbewehrung kündigt sich der Bruch durch erhebliche Risse und Verformungen an. Für die Bemessung reicht deshalb ein Sicherheitsbeiwert von  $\gamma = 1,75$  aus.

Schrägdruckbruch bei hoch schubbewehrten Balken wird durch Abgrenzung der Tragfähigkeit in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit erfaßt. Gegenüber dieser oberen Tragfähigkeitsgrenze ist ein Sicherheitsbeiwert von  $\gamma = 2,1$  einzuhalten.

Beim Vergleich von Rechen- und Versuchsergebnissen konnte festgestellt werden, daß das Verhältnis  $q_i$  (gemäß Gl. (4.19)) bei 95 % sämtlicher Versuche unter 1,25 liegt (vgl. Bilder 8 bis 10 und 23 bis 25). Wird von der Vorstellung ausgegangen, daß nur 5 % der Versuche den rechnerischen Wert für  $\tau_u$  unterschreiten dürfen, so müssen die rechnerisch ermittelten Schubspannungen im Bruchzustand zusätzlich mit  $\delta = 1/1,25 = 0,80$  multipliziert werden.

Für die im Gebrauchzustand zulässigen Schubspannungen gelten somit folgende Beziehungen:

ohne Schubbewehrung ( $\tau_{u0}$  nach Gleichung (4.17)):

$$\text{zul. } \tau = \tau_{u0} \cdot \frac{0,80}{2,10} \approx 0,40 \tau_{u0} \quad (4.28)$$

mit Schubbewehrung ( $\tau_u$  nach Gleichung (4.20) und (4.21)):

$$\text{zul. } \tau = \tau_u \cdot \frac{0,80}{1,75} \approx 0,45 \tau_u \quad (4.29)$$

sowie

für  $\beta = 90^\circ$ :

$$\text{zul. max } \tau \leq 0,40 \cdot 0,22 \beta_{ws} \approx 0,09 \beta_{ws} \quad (4.30)$$

bzw.

für  $\beta = 45^\circ$

$$\text{zul. max } \tau \leq 1,5 \cdot 0,09 \cdot \beta_{ws} \approx 0,13 \beta_{ws} \quad (4.31)$$

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren.

In dem nachfolgenden Vergleich der empirisch bestimmten Tragfähigkeit mit den Angaben in DIN 1045, § 17.5, wird die Serienfestigkeit  $\beta_{ws}$  entsprechend DIN 1045, Tabelle 1, nach Gl. (4.32) aus der Nennfestigkeit ermittelt:

$$\beta_{ws} [\text{kp/cm}^2] = \beta_{wn} [\text{kp/cm}^2] + 50 \quad (4.32)$$

Da die Schubtragfähigkeit entsprechend dem vorgestellten empirischen Zusammenhängen-abweichend von DIN 1045 - neben der Betondruckfestigkeit und der angeordneten Schubbewehrung von einer Vielzahl weiterer Parameter abhängig ist, läßt sich eine pauschale Gegenüberstellung nur für den Fall eines Schrägdruckbruches (Gl. (4.30)) durchführen, d.h. wenn ausschließlich die Betondruckfestigkeit die Tragfähigkeit bestimmt.

	Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550
DIN 1045	20	30	40	45	50
Gl.(4.30)	18	27	36	45	54

Tabelle 1      Gegenüberstellung der oberen Grenzen der  
Rechenwerte der Schubspannung nach DIN 1045  
( $\tau_{03}$  in Tab.14) und nach Gl.(4.30) in  $\text{kp/cm}^2$

Wie die Gegenüberstellung der entsprechenden oberen Grenzwerte (Tab. 1) zeigt, stehen die Angaben der DIN 1045 mit den Versuchswerten im Einklang. Es wird jedoch darauf hingewiesen, daß die Tragfähigkeitsgrenzen nur aus einer geringen Versuchsanzahl festgelegt wurden (vgl. Bild 51); bei diesen Versuchen handelte es sich zudem ausschließlich um schubbewehrte Plattenbalken.

Die in DIN 1045 angegebenen Tragfähigkeitsgrenzen für Platten ohne Schubbewehrung und Platten und Balken mit Mindestschubbewehrung werden den entsprechend Gl. (4.28) bzw. Gl. (4.29) ermittelten Tragfähigkeiten von zwei charakteristischen Biegetraggliedern gegenübergestellt. Die zugrunde gelegten Parametergrößen sind in Tabelle 2 angegeben. Als Mindestschubbewehrung wird die Bügelbewehrung entsprechend den Erg.Bestimmungen zu DIN 1045 § 2.11 angesetzt. Die Bügelbewehrung sei normal verankert, d.h. nicht verschweißt.

	h [cm]	$\mu_t$ [%]	a/h	$\beta_s [\text{kp/cm}^2]$	s/h
Beispiel 1	20	0,6	3,5	4200	0,5
Beispiel 2	60	1,2	3,5	4200	0,5

Tabelle 2      Berechnungsbeispiele : Parameter

		Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550
Bei- spiel 1	DIN 1045	3,5	5,0	6,0	7,0	8,0
	Gl.(4.28)	3,2	3,9	4,5	5,0	5,5
Bei- spiel 2	DIN 1045	2,3	3,3	4,0	4,6	5,3
	Gl.(4.28)	3,1	3,7	4,3	4,8	5,3

Tabelle 3      Gegenüberstellung der Grenzen der Rechenwerte  $\tau_0$  nach DIN 1045 für Platten ohne Schubbewehrung ( $k_1 \cdot \tau_{011}$ ) und der Schubtragfähigkeit nach Gl. (4.28)

Betongüte		Bn 150	Bn 250	Bn 350	Bn 450	Bn 550	
$\mu_s \beta_s$ [kp/cm <sup>2</sup> ]		4,2	5,25	6,30	7,75	8,40	
$\tau_{012}$ , DIN 1045, Tab. 14		5	7,5	10	11	12,5	
nach Gl. (4.29)	Beispiel 1	$\tau_{uo}$	8,0	9,8	11,3	12,6	13,8
		$\tau_{u1}$	5,8	7,2	8,7	10,1	11,6
		$\tau_u$	13,8	17,0	20,0	22,7	25,4
		zul. $\tau$	6,2	7,6	9,0	10,2	11,4
	Beispiel 2	$\tau_{uo}$	7,6	9,3	10,8	12,1	13,2
		$\tau_{u1}$	7,6	9,5	11,4	13,3	15,2
		$\tau_u$	15,2	18,9	21,8	24,6	17,0
		zul. $\tau$	6,8	8,5	9,8	11,1	12,2

Tabelle 4      Gegenüberstellung der Grenzen der Rechenwerte  $\tau_0$  nach DIN 1045 für Platten und Balken mit Mindestschubbewehrung ( $\tau_{012}$ ) und der Schubtragfähigkeit nach Gl. (4.29)

Der Vergleich zeigt folgende Ergebnisse:

- 1) Bei nicht schubbewehrten, dünnen Platten sind die Angaben in DIN 1045 vergleichsweise hoch angesetzt. Bei hohen Betongüten ergibt sich eine Abweichung von der empirisch bestimmten Tragfähigkeit nach Gl. (4.28) von ca. 45 %, so daß statt der angestrebten Sicherheit ( $\gamma = 2,1$ ) nur ein Sicherheitsabstand von  $\gamma = 1,45$  vorhanden ist.
- 2) Bei nicht schubbewehrten dicken Platten ergibt sich nach Gl. (4.28) für niedrige Betongüten eine höhere Tragfähigkeit als nach DIN 1045; bei hohen Betongüten besteht gute Übereinstimmung.
- 3) Bei mit Mindestbewehrung versehenen Biegetraggliedern zeigt sich bei geringer Betongüte nach Gl. (4.29) gegenüber DIN 1045 eine höhere Schubtragfähigkeit. Für hohe Betongüten ergibt sich gute Übereinstimmung.



## 5. Einfluß der einzelnen Parameter auf die Schubtragfähigkeit

### 5.1 Allgemeines

Nachfolgend wird die Einbeziehung der verschiedenen Parameter in die in Abschnitt 4 angegebenen empirischen Zusammenhänge im Einzelnen begründet und durch graphische Darstellungen die quantitative Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von den Parametern aufgezeigt.

In den Bildern sind die Versuchskörper jeweils durch ihre den Tafeln im Anhang entnehmbare laufende Nummer abgebildet. Diese Darstellungsweise wurde gewählt, damit optisch direkt feststellbar ist, welche Versuche besonders stark von der empirisch bestimmten Funktion abweichen und zugleich die Tendenz der Abhängigkeit aus der Beschriftungsdichte erkennbar wird. Dabei muß hingenommen werden, daß einzelne Versuchsparameter, die vom Plotter aufeinander gedruckt werden, nicht mehr direkt erkannt werden können. Sofern die Übereinstimmung von versuchstechnisch bestimmter und rechnerisch nach Gl. (4.17) bzw. Gl. (4.20) ermittelter Schubtragfähigkeit einzelner Versuchsbalken überprüft werden soll, kann dies anhand der im Anhang angegebenen Werte geschehen.

Die Ordinatenachse der Bilder wird in abgekürzter Form beschriftet. Die angegebenen Funktionen  $f(P_i)$  bzw.  $F_i$  repräsentieren die im Text unter dieser Bezeichnung eingeführten Zusammenhänge.

### 5.2 Biegetragwerke ohne Schubbewehrung

#### 5.2.1 Festigkeitseigenschaften des Betons

Die Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbalken wird durch die Festigkeitseigenschaften des Betons bei allen in Abschnitt 3 erörterten Versagensmechanismen ausschlaggebend beeinflusst. So tritt bei Schrägdruckbruch ein Versagen nach Erreichen der Druckfestigkeit auf, beim Schrägzugbruch bestimmt die Zugfestigkeit des Betons maßgebend den Bruch und beim Schubdruck-

bruch und Scherbruch versagt der Balken infolge Überschreitung der zweiachsigen Zug-/Druckfestigkeit des Betons in der Biegedruckzone. Da sich die wichtigsten Festigkeitseigenschaften des Betons in Abhängigkeit von der Druckfestigkeit ausdrücken lassen, werden in der vorliegenden Studie alle übrigen Festigkeitsgrößen auf diese bezogen.

Im Hinblick auf die unterschiedlichen Versagensursachen bei den einzelnen Bruchmechanismen, war zu erwarten, daß sich die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit  $\tau_{uo}$  von der Betondruckfestigkeit mit der Bruchart stark ändert, da nicht die reine Druckfestigkeit sondern eine kombinierte Festigkeit - je nach Bruchart - die Schubtragfähigkeit beeinflusst. Hierauf wurde u.a. von Neville und Taub [56] hingewiesen, die feststellten, daß die Auswirkungen der Betongüte auf die Schubtragfähigkeit durch Veränderung der Schubslankheit  $a/h$  beeinflusst werden. Durch Einbeziehung des Parameters  $\lambda_s$ , d.h. der Schubslankheit, in die erarbeitete empirische Gleichung, wird jedoch die hier erwartete Auswirkung an anderer Stelle berücksichtigt, so daß der Einfluß der Betondruckfestigkeit auf die Schubtragfähigkeit nachfolgend unabhängig von der Bruchart betrachtet werden kann.

In den verschiedenen Versuchsberichten liegen unterschiedliche Angaben über die Betondruckfestigkeit vor, so daß es zweckmäßig ist, die an verschiedenen Prüfkörpern ermittelten Festigkeiten auf  $\beta_{w20}$  zu beziehen. Druckfestigkeiten, die an Zylindern ( $\emptyset 15 \times 30$  cm) oder an Würfeln mit anderer Kantenlänge ermittelt wurden, werden folgendermaßen auf  $\beta_{w20}$  gerechnet:

$$\beta_{\text{zyl.}} \approx 0,85 \beta_{w20} ,$$

$$\beta_{w10} \approx 1,06 \beta_{w20}$$

$$\beta_{w15} \approx 1,03 \beta_{w20}$$

(5.1)

Gewisse Ungenauigkeiten können hierdurch in die Untersuchung einfließen, da die Umrechnungsfaktoren neben Form und Geometrie der Prüfkörper auch durch die Mischungsverhältnisse des Betons beeinflußt werden.

Die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von der Betongüte wurde experimentell systematisch untersucht. Am Beispiel der Versuchsreihen von van den Berg [12] sowie Moody und Viest [3] kann eine direkte Abhängigkeit zwischen  $\tau_u$  und  $\beta_{ws}$  beobachtet werden. In beiden Versuchsreihen wurde jeweils nur die Betondruckfestigkeit variiert und alle wesentlichen Balkeneigenschaften unverändert belassen. Der Charakter der Zusammenhänge läßt sich qualitativ etwa in folgender Form (Bilder 34 und 35) angeben:

$$\tau_u = c \cdot \beta_{ws}^n \quad (5.2)$$

In der vorliegenden Studie wurde (5.2) in folgender Form angesetzt:

$$\tau_u = c \cdot \beta_{ws}^{0.5} = c \cdot \beta \cdot \sqrt{\beta_{ws}} \quad (5.3)$$

Aus den Bildern 36 a - c ist zu ersehen, daß die Versuchsergebnisse diese Abhängigkeit bestätigen.

Die Streuung zwischen den Versuchsergebnissen und der empirisch ermittelten Sollkurve ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Die Abweichungen können einerseits aus Ungenauigkeiten durch Anwendung der in (5.1) empfohlenen Umrechnungsformeln bei der Ermittlung der in (5.3) verwendeten Serienfestigkeit des Betons entstanden sein. Ein weiterer Grund ist darin zu sehen, daß die für bestimmte Versagensarten maßgebende Zugfestigkeit bzw. kombinierte Zug-/Druckfestigkeit des Betons von der Druckfestigkeit nicht direkt abhängt. Unterschiedliche Zementarten, Kornzusammensetzungen, Wasserzementwerte können

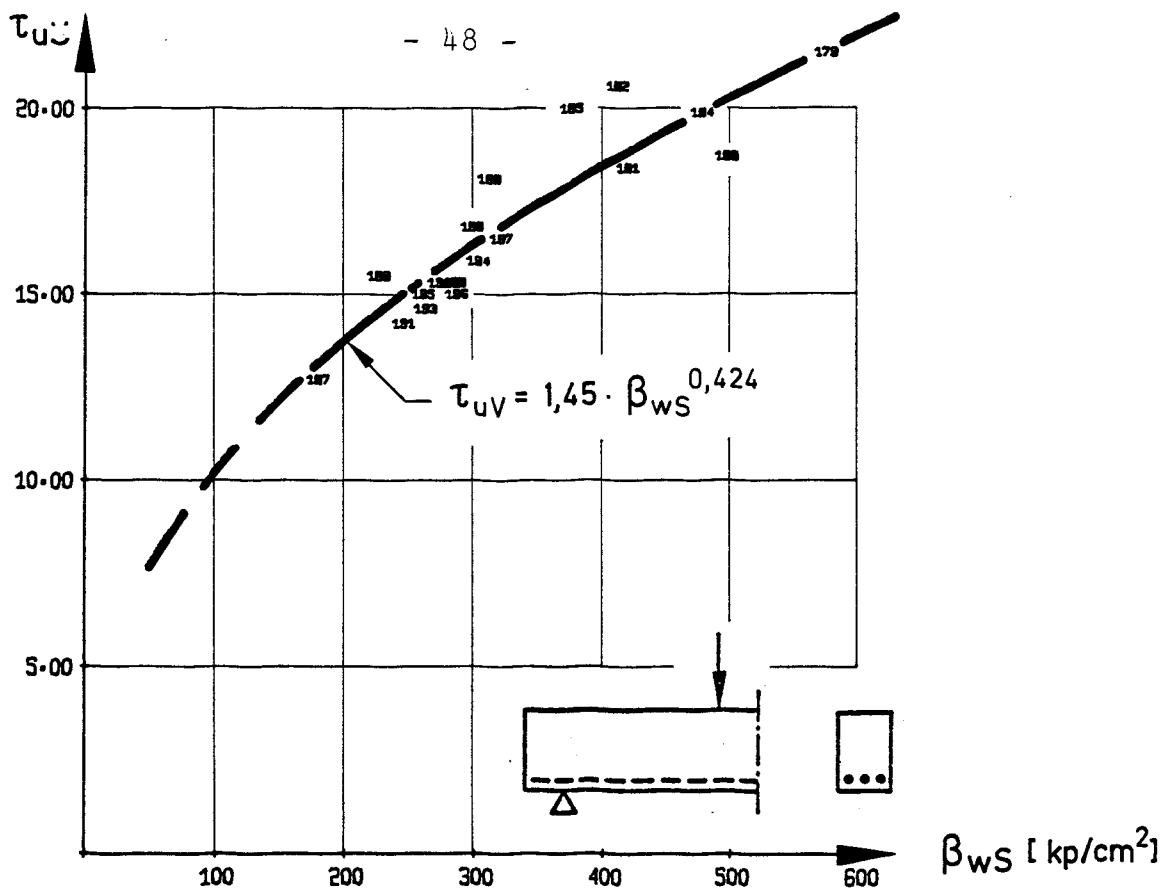


Bild 34 : Einfluß der Betondruckfestigkeit  
Versuchsbalken von van den Berg : Tafel 1

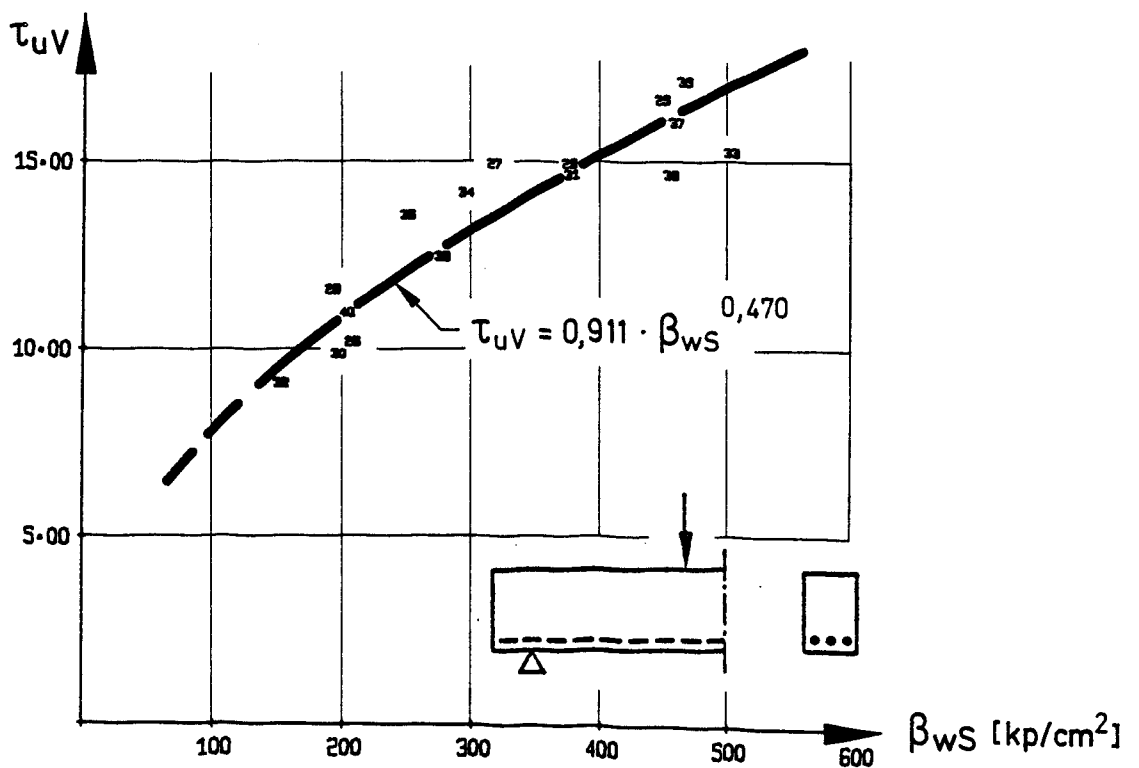


Bild 35 : Einfluß der Betondruckfestigkeit  
Versuchsbalken von Moody, Viest u.a : Tafel 1

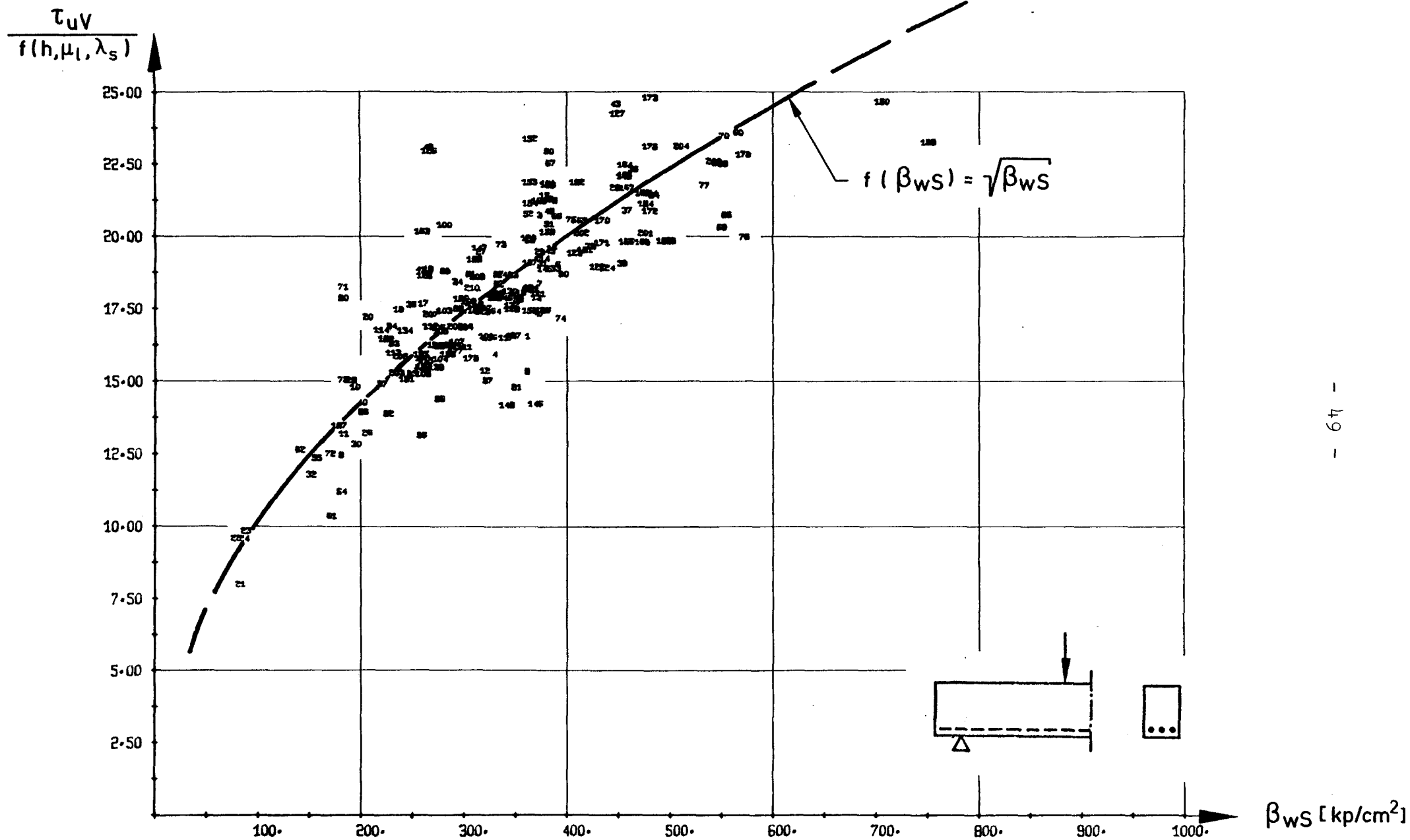


Bild 36a : Einfluß der Betondruckfestigkeit auf  $\tau_{u0}$  , Versuchsbalken : Tafel 1 , Nr. 1 ÷ 250

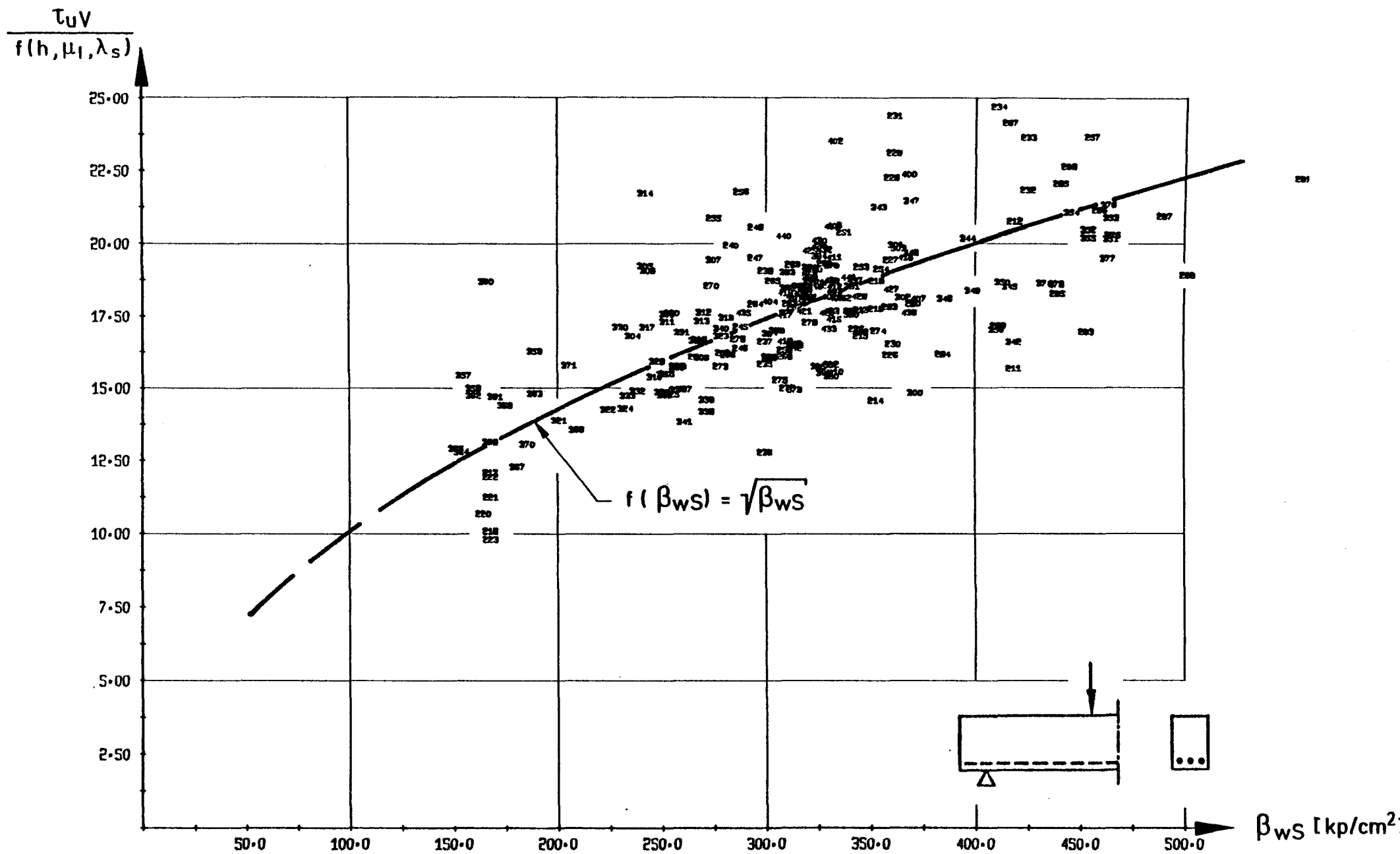


Bild 36b : Einfluß der Betondruckfestigkeit auf  $\tau_{u0}$  , Versuchsbalken : Tafel 1 , Nr : 251 ÷ 442

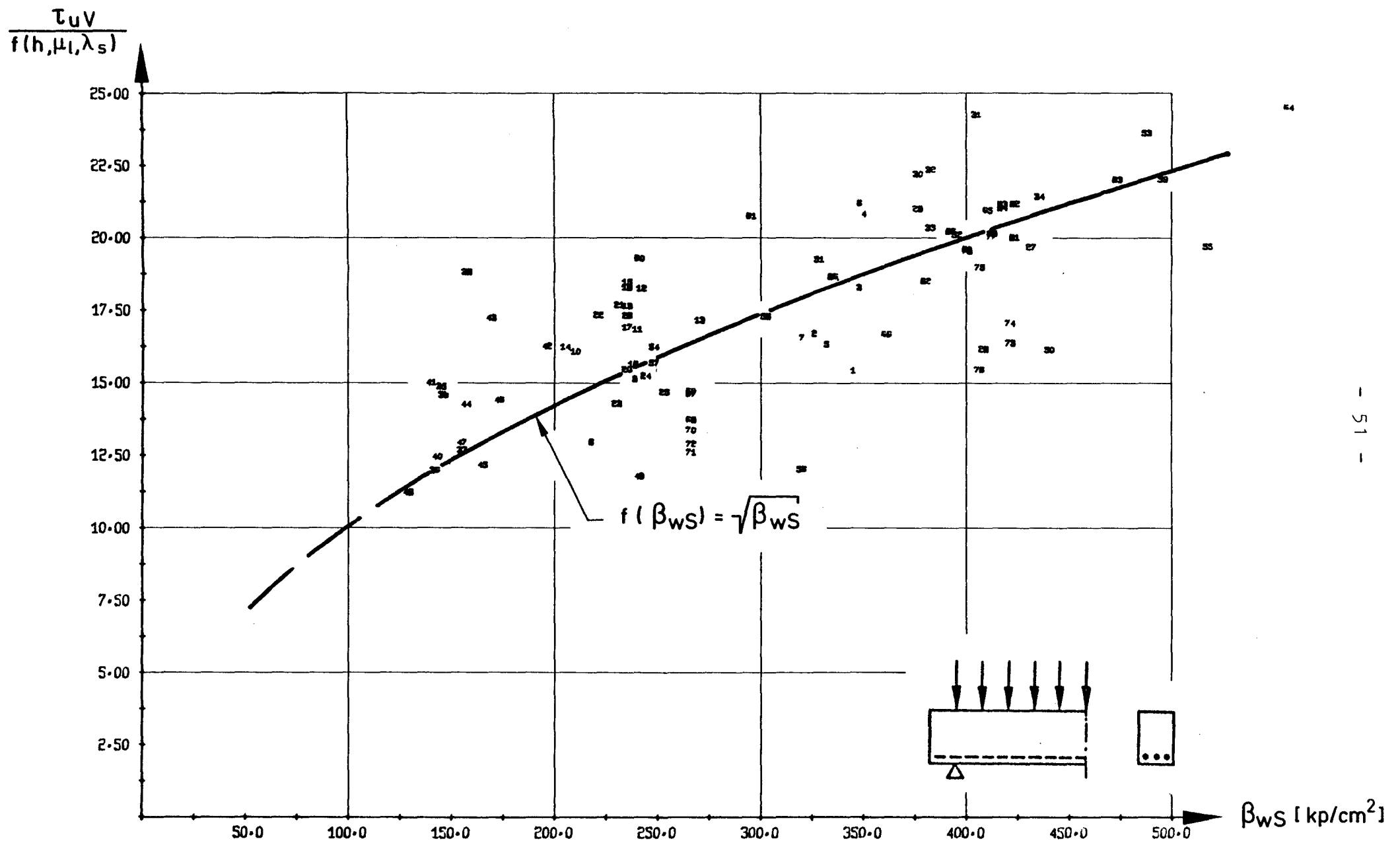


Bild 36c : Einfluß der Betondruckfestigkeit auf  $\tau_{u0}$  , Versuchsbalken : Tafel 2

bei gleicher Serienfestigkeit unterschiedliche Werte der anderen Festigkeiten ergeben, wodurch Einzelwerte von der Sollkurve im betrachteten Bild ebenfalls stark abweichen können.

### 5.2.2 Querschnittsabmessungen

Wesentlichstes Ergebnis der experimentellen Untersuchungen zur Erforschung des Einflusses der Querschnittsabmessungen auf die Schubtragfähigkeit war die nahezu übereinstimmende Feststellung aller Autoren, daß Ähnlichkeitsgesetze bei Stahlbetonbalken im Hinblick auf das Schubversagen nicht ohne Korrekturen gültig sind.

Kani [50] kam zu dem Ergebnis, daß die Vergleichstragfähigkeit  $M_{\text{Schubbruch}}/M_{\text{Biegebruch}}$  mit zunehmender Nutzhöhe sinkt. Balken mit gleichem Seitenverhältnis bei unterschiedlichen Absolutmaßen besitzen nicht die gleiche Tragfähigkeit. So fand Bhal [19] bei seinen experimentellen Untersuchungen, daß die Schubtragfähigkeit bis zu einer Balkenhöhe von etwa 100 cm abnimmt und dann konstant bleibt. Regan [51] nimmt diese Grenze bei 60 cm an. Dieser Wert liegt auch den CEB-Bemessungsvorschlägen zugrunde.

Aus Versuchen an Balken verschiedener Höhe stellt u.a. Bhal [19] fest, daß der Biegerißabstand beim bereits voll entwickelten Rißbild - bei allen Balken etwa gleich groß ist. Bei hohen Balken wird jedoch die Rißverteilung mit zunehmendem Abstand von der Biegezugbewehrung schlechter. Es verbleiben in halber Steghöhe nur wenige, aber klaffende Risse, wodurch die Schubübertragung durch Rißverzahnung bereichsweise stark vermindert wird. Hierin dürfte die wesentliche Ursache für die geringere Schubtragfähigkeit hoher Stahlbetonbalken ohne Stegbewehrung gegenüber niedrigen Balken liegen: Die Risse breiten sich in ersteren schneller aus und können einen früheren Bruch herbeiführen.



Um die ungünstigen Auswirkungen großer Nutzhöhen zu vermeiden, wurde unter anderem der Vorschlag gemacht, auch im Balkensteg nennenswerte Längsbewehrung anzuordnen, um hierdurch die Rißbreiten kleiner zu halten. Leonhardt und Walther [52] weisen jedoch darauf hin, daß eine Netzbewehrung in dünnen Stegen profilierter Stahlbetonträger den Verlauf der Druckstreben stört, was bei starker Stegbewehrung - die zu einer nennenswerten Verringerung der Rißbreiten erforderlich wird - die Schubtragfähigkeit ungünstig beeinflussen könne.

Die Teilabhängigkeitsfunktion  $f(h)$  zur Berücksichtigung des Einflusses der Balkenhöhe auf die Schubtragfähigkeit kann nach diesen Überlegungen auch als Korrekturfunktion des Einflusses der Längsbewehrung auf die Schubtragfähigkeit betrachtet werden. Zu ihrer Bestimmung wurde in einem ersten Schritt für einige ausgewählte Versuche von Kani [19] und Bhal [19] die bezogene Schubtragfähigkeit  $\tau_u / \sqrt{\beta_{ws}}$  in Abhängigkeit von  $h$  überprüft (vgl. Bilder 37 und 38). Die Auswahl der Versuche erfolgte unter dem Gesichtspunkt, daß sich andere Einflußparameter möglichst gering unterscheiden sollten. Für beide Versuchsreihen wurden Regressionsanalysen unter Zugrundelegung des folgenden Ansatzes durchgeführt.:

$$\frac{\tau_u}{\sqrt{\beta_{ws}}} = c \cdot h^n \quad (5.4)$$

Die Koeffizienten in (5.4) wurden durch schrittweise Näherung verbessert. Beste Übereinstimmung von Rechen- und Versuchsergebnissen zeigte sich bei folgender Annahme (vgl. Bilder 39 a - c):

$$\tau_u = c \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{0,10 \cdot h}} \quad (5.5)$$

Der Einfluß der Balkenbreite auf die Schubtragfähigkeit wurde ebenfalls von Kani [50] untersucht. Er verglich die Summe der Traglasten von vier schmalen Balken der Breite  $b$  mit der eines einzelnen Balkens der Breite  $4b$ . Es zeigte sich, daß der breite Balken in etwa die gleiche Traglast erreichte, wie

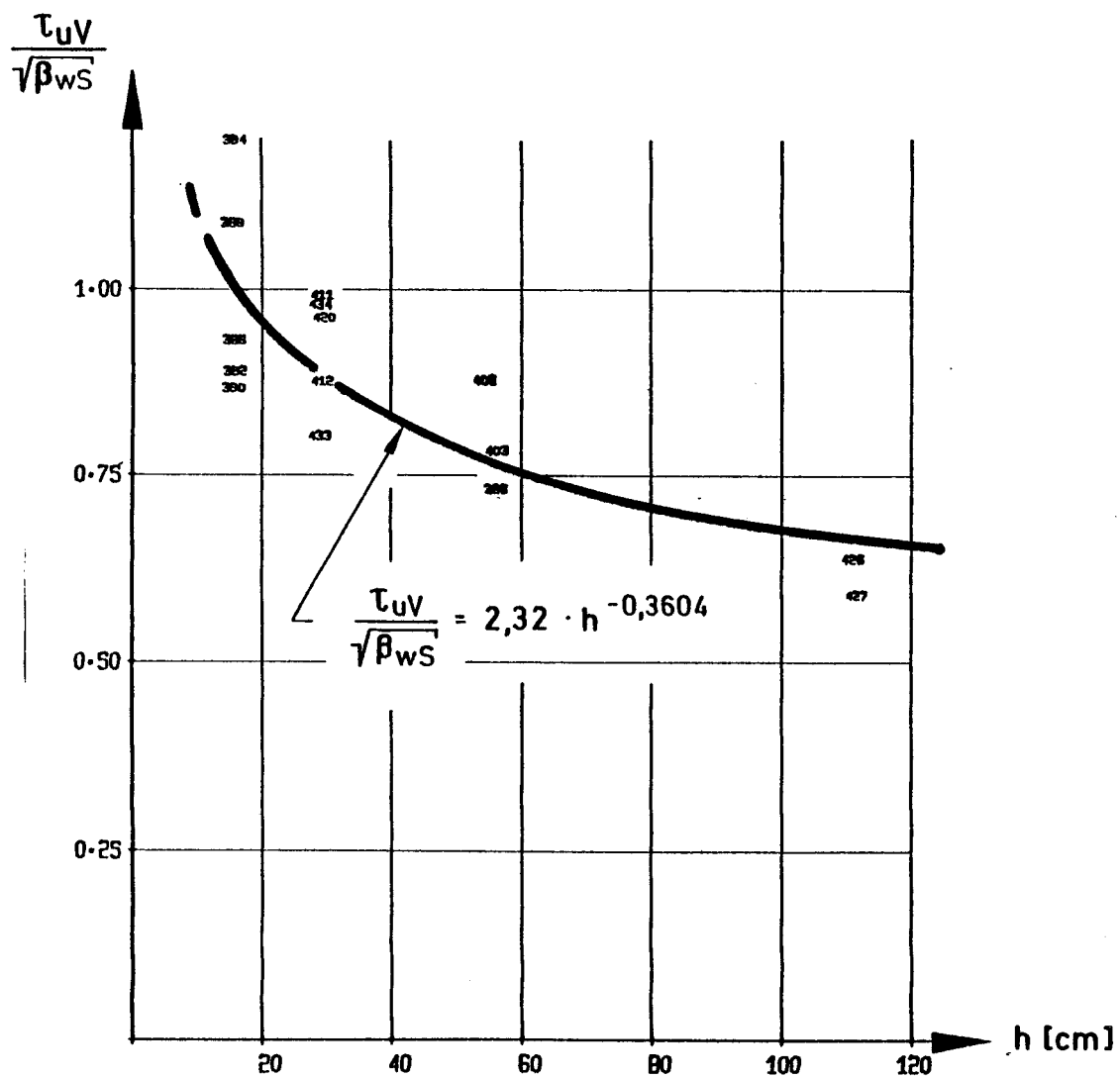


Bild 37 : Einfluß der Nutzhöhe  
Versuchsbalken von Kani : Tafel 1

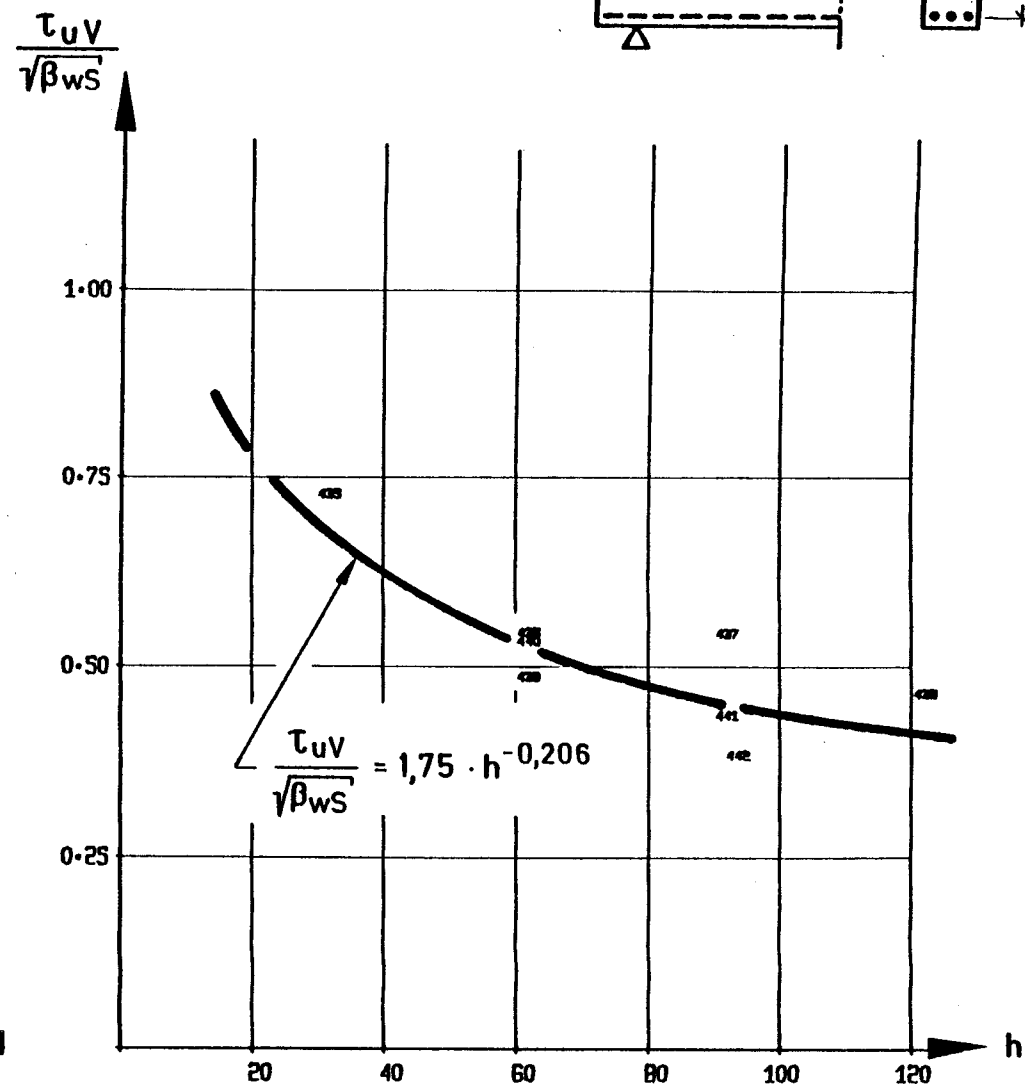


Bild 38 : Einfluß der Nutzhöhe  
Versuchsbalken von Bhal : Tafel 1

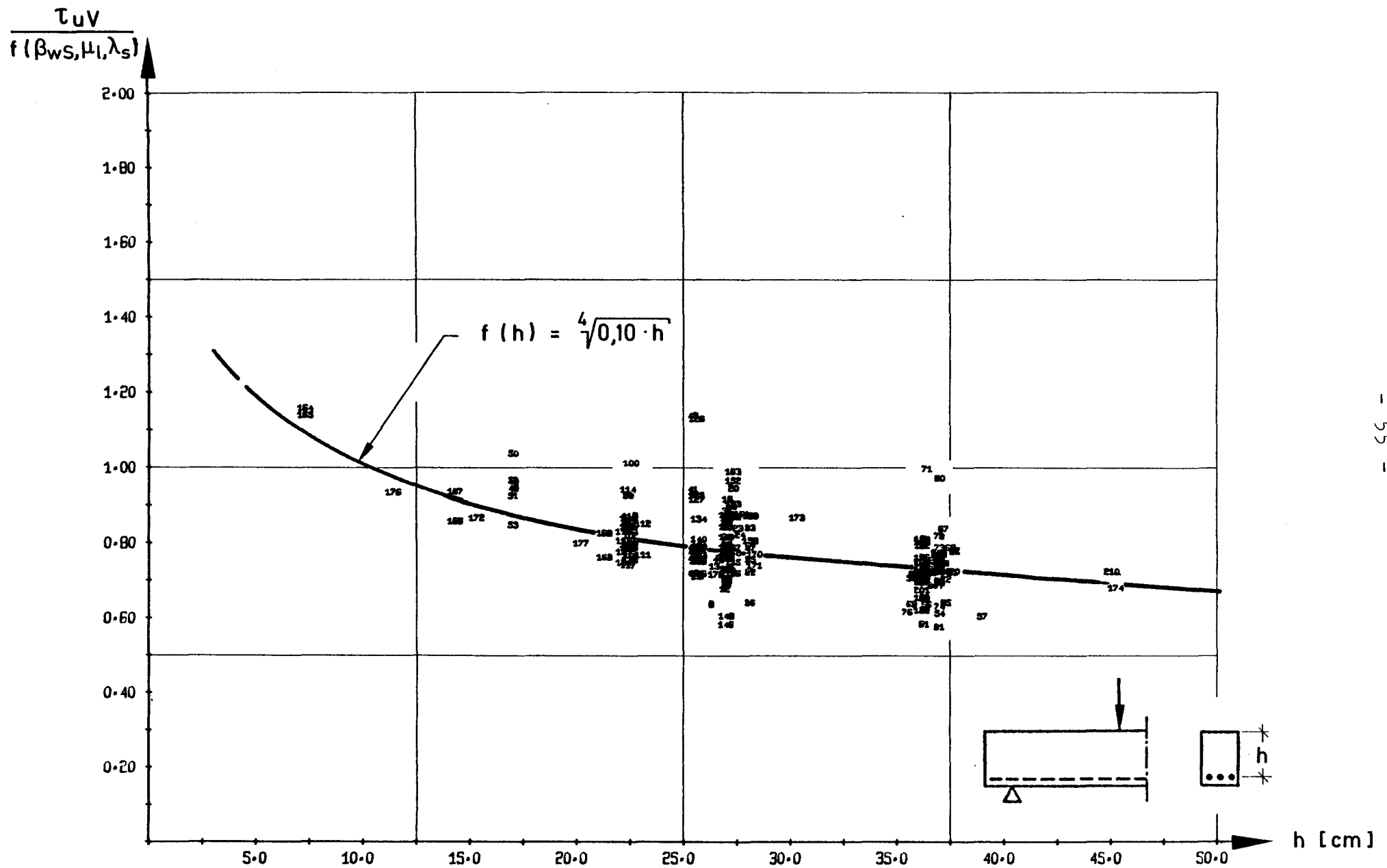


Bild 39a: Einfluß der Nutzhöhe, Versuchsbalken: Tafel 1, Nr. 1 ÷ 250

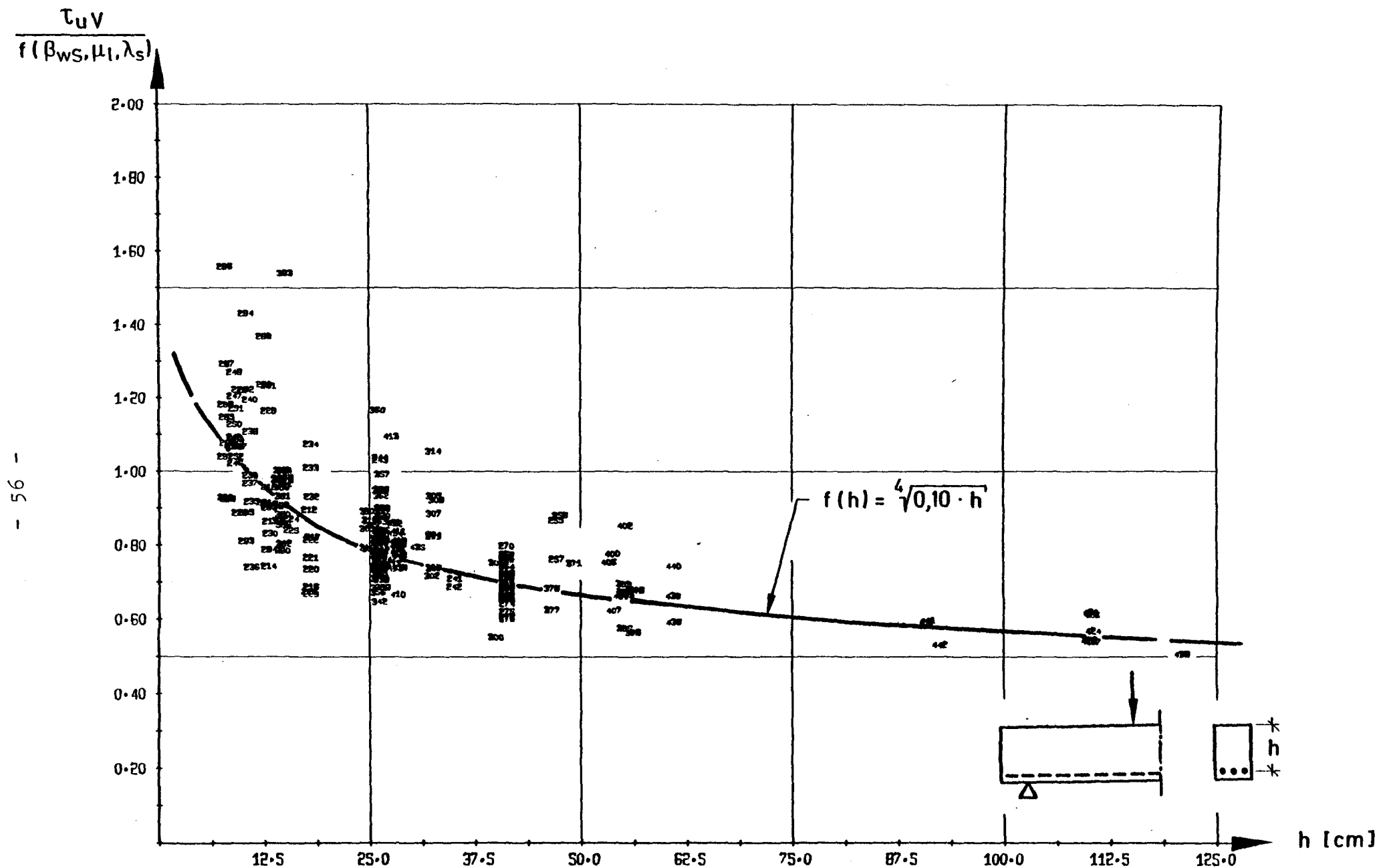


Bild 39b: Einfluß der Nutzhöhe, Versuchsbalken : Tafel 1, Nr. 251 ÷ 442

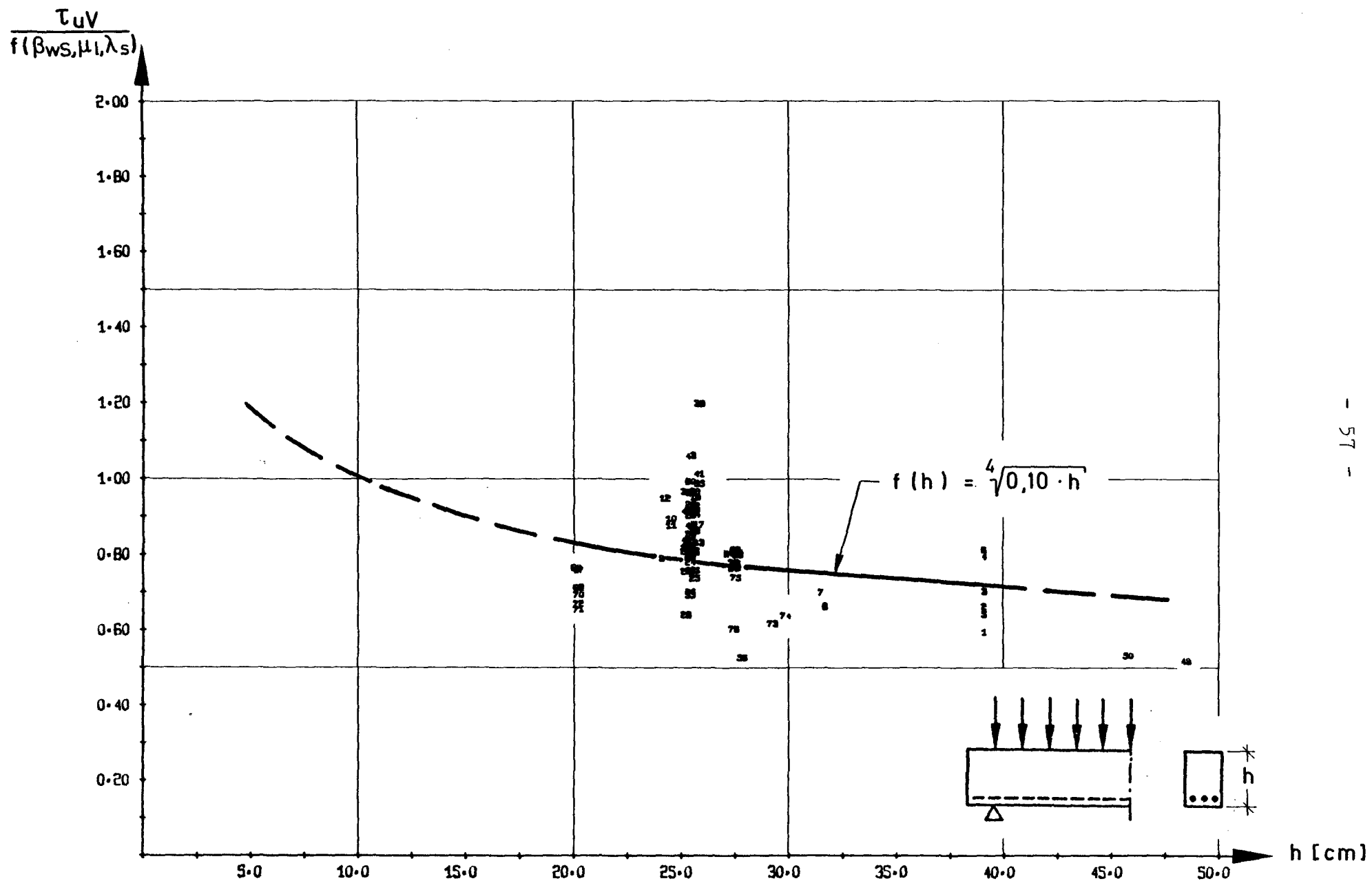


Bild 39c : Einfluß der Nutzhöhe , Versuchsbalken : Tafel 2

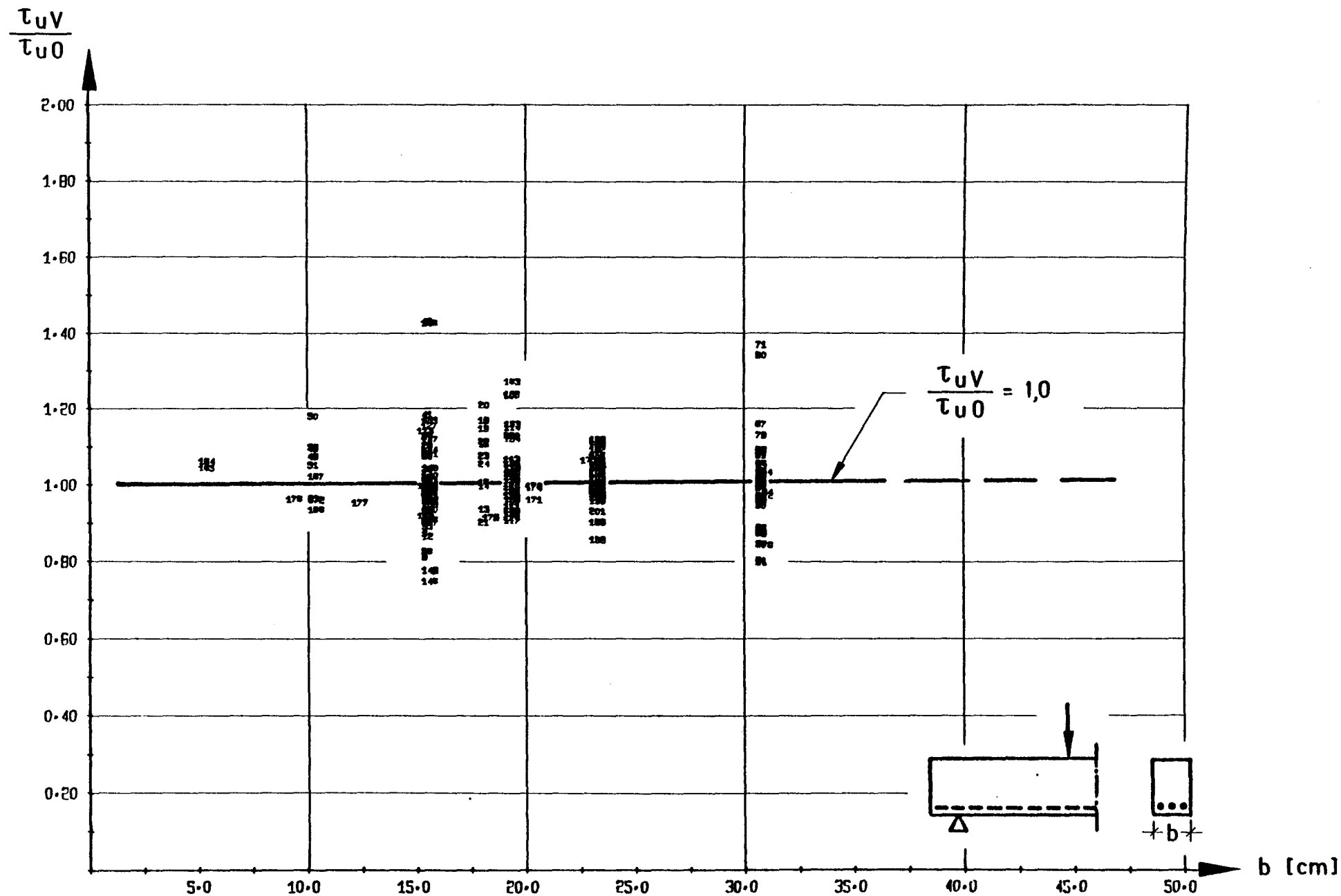


Bild 40b: Einfluß der Balkenbreite, Versuchsbalken: Tafel 1, Nr. 1 ÷ 250

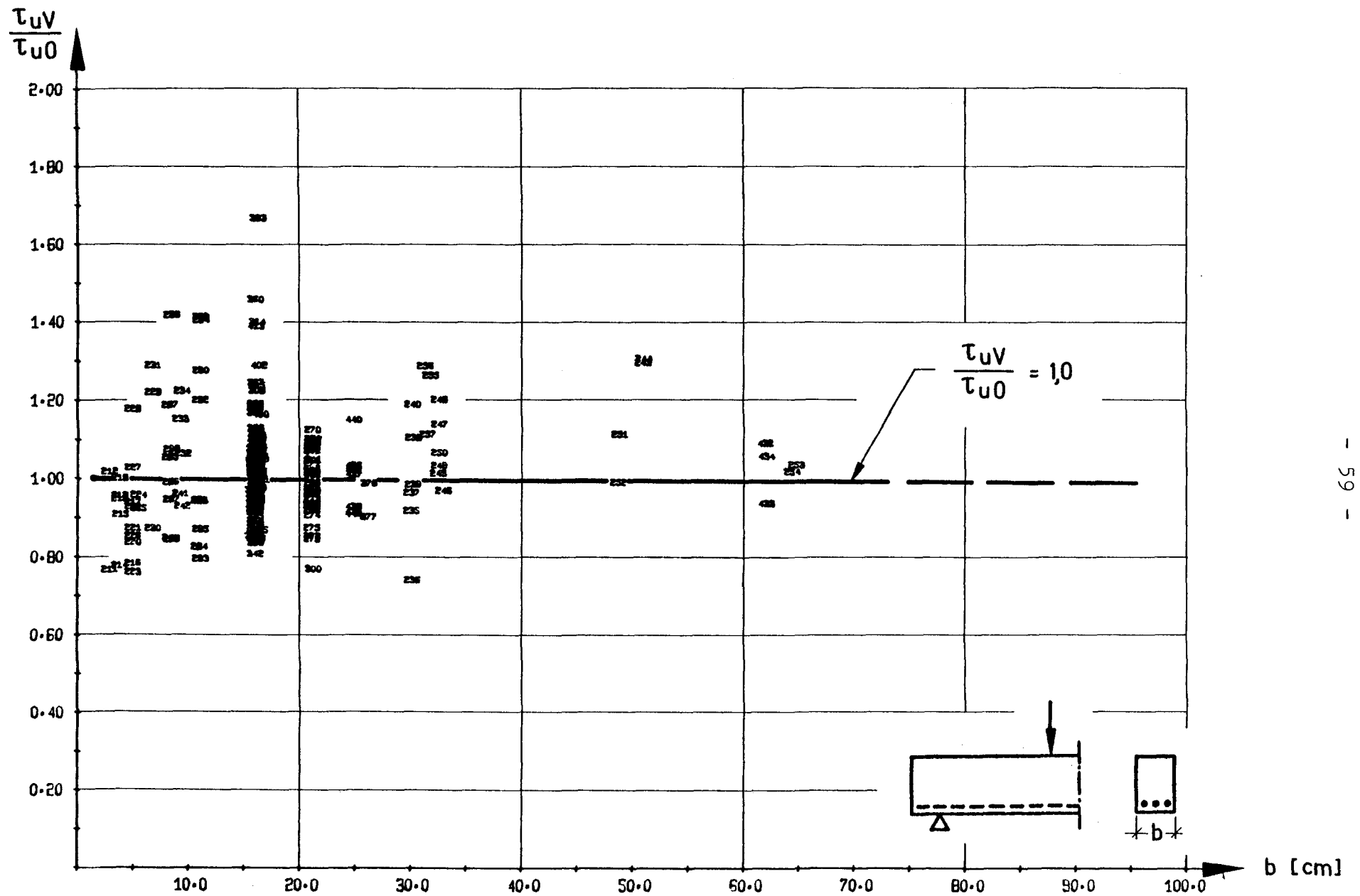


Bild 40b:

Einfluß der Balkenbreite  $b$ , Versuchsbalken : Tafel 1 , Nr. 251 - 442

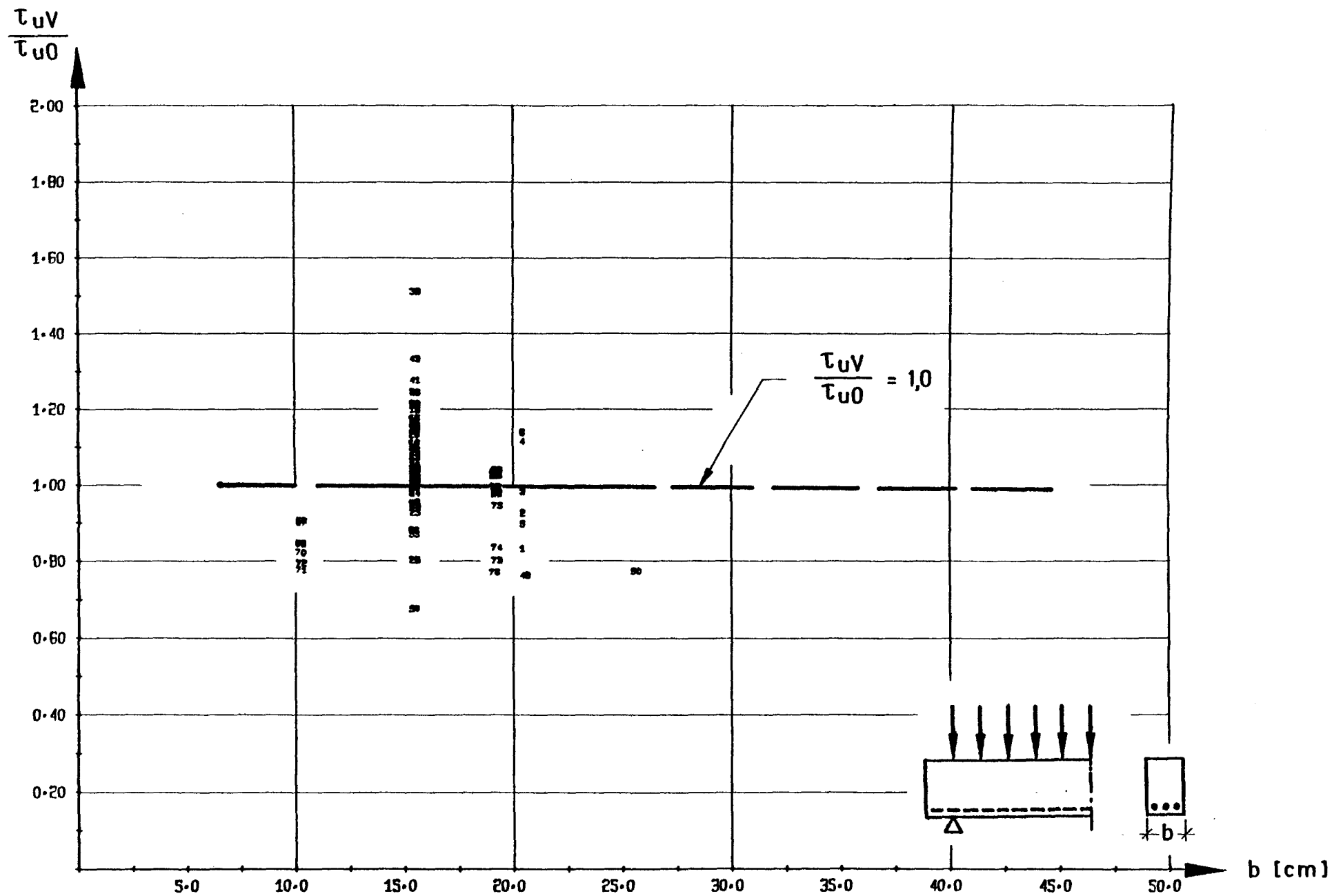


Bild 40c : Einfluß der Balkenbreite , Versuchsbalken : Tafel 2



die Summe der vier schmalen Balken. Bhal [19] ging bei der Aufstellung seiner empirischen Gleichung zur rechnerischen Bestimmung der Schubrißspannung ebenfalls davon aus, daß die Balkenbreite keinerlei Einfluß auf die maximal aufnehmbare Schubspannung hat und erzielte mit dieser Voraussetzung zufriedenstellende wirklichkeitsnahe Ergebnisse.

Der Einfluß des Seitenverhältnisses  $b/d$  auf die Schubtragfähigkeit wurde besonders intensiv auch von De Cossio [13] untersucht. Er variierte das Verhältnis  $b/d$  durch Veränderung der Balken- bzw. Plattenbreite, so daß der Einfluß der Höhe auf die Tragfähigkeit nicht festgestellt werden konnte. Er untersuchte somit gleichfalls den Einfluß unterschiedlicher Breiten auf die Schubtragfähigkeit. Im von ihm untersuchten Bereich  $b/d = 0,25 - 1,0$  ergab sich keine Auswirkung unterschiedlicher Breiten auf die Schubtragfähigkeit  $\tau_u$ .

In der vorliegenden Studie wurde deshalb davon ausgegangen, daß Schubtragfähigkeit und Balkenbreite unabhängig voneinander sind. Wie die Auswertungen nach Bild 40 a - c zeigen, ergeben die Versuche keine systematische Abweichung von den empirischen Zusammenhängen unter dieser Annahme.

### 5.2.3 Längsbewehrung

Eine große Anzahl theoretischer Lösungen zur Bestimmung der Schubtragfähigkeit von Stahlbetonbiegetragwerken geht von der Voraussetzung aus, daß im Augenblick des Versagens die Längsbewehrung an der Querkraftabtragung nicht beteiligt ist. Versuche zur Klärung dieses Problems ergaben jedoch, daß diese Annahme besonders bei nicht schubbewehrten bzw. nur schwach bewehrten Balken der Wirklichkeit nicht entspricht.

Acharya und Kemp [54] fanden bei Nachrechnung von Versuchen, daß die Biegedruckzone allein auch unter Beachtung des zweiachsigen Spannungszustandes an der Lasteintragungsstelle nicht in der Lage ist, die theoretisch ermittelte Spannungskombination aus Biegemoment und Querkraft aufzunehmen. Erst bei Annahme eines Querkraftanteils von etwa 60 % durch die Längsbewehrung ergaben sich Spannungszustände in der Biegedruckzone, die bei gleichzeitiger Wirkung von  $M$  und  $Q$  unter Ausnutzung der zweiachsigen Betonfestigkeit glaubhaft erscheinen.

Swamy und Andriopoulus [55] stellten fest, daß die Übertragungselemente Rißverzahnung und Dübelwirkung größenordnungsmäßig nur schwer voneinander zu trennen sind. In der Anfangsphase der Rißbildung dominiert der Rißverzahnungseffekt; mit Zunahme der Rißbreiten verlagert sich die Querkraftabtragung stärker auf die Längsbewehrung. Der von Acharya und Kemp ausschließlich der Längsbewehrung zugeschriebene Schubkraftanteil wird daher in Wirklichkeit durch Dübelwirkung und Rißverzahnung gemeinsam abgetragen. Diese Feststellung deckt sich mit den Versuchsergebnissen von Taylor [56]. Er kam anhand spezieller Versuche zu dem Ergebnis, daß 15 - 20 % der Schubkraft durch die Biegezugbewehrung und 35 - 50 % durch Rißverzahnung übertragen wird. Insgesamt ergibt sich für beide Traganteile demnach ein Querkraftanteil von 50 - 75 %.

Dieser Gesamtanteil beider Komponenten wird allerdings nach Swamy und Andriopoulos mit zunehmender Schubschlankheit geringer. Die Ursache hierfür liegt vorwiegend in der Verminderung der durch Rißverzahnung übertragbaren Querkraft bei flacher werdender Rißneigung (vgl. Schrägzugbruch).

Neville und Taub [57] führen im Gegensatz hierzu aus, daß der Einfluß der Längsbewehrung mit wachsendem  $a/h$  zunimmt.

Die Abnahme der Tragfähigkeit der Rißverzahnung bei zunehmender Schubschlankheit ist in der Funktion  $f(\lambda)$  bereits berücksichtigt. Bei größeren Schubschlankheiten ist die Dübelwirkung bruchauslösendes Element, d.h. ihre Grenztragfähigkeit wird unabhängig von den übrigen Balkeneigenschaften immer erreicht.

Bei sehr kleinen Schubslankheiten wirkt sich weniger die Dübelwirkung als die Dehnsteifigkeit der Längsbewehrung auf die Tragfähigkeit eines Sprengwerkes mit Zugband aus; die Dübeltragfähigkeit wird nur geringfügig in Anspruch genommen. In diesem Slankheitsbereich ist daher die Schubtragfähigkeit nahezu unabhängig von der Dübelfestigkeit.

Die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit von der Biegezugbewehrung wird durch die Abhängigkeit vom Bewehrungsgrad  $\mu_1$  ausgedrückt. Natürlich hängt die Dübelwirkung neben dem Bewehrungsprozentsatz gleichzeitig auch von Form und Anzahl der Bewehrungsstäbe sowie von der Höhe der Verbundspannung ab. Alle diese Faktoren lassen sich jedoch über den Parameter  $\mu_1$  durch Auswertung einer großen Anzahl von Versuchen statistisch im Mittel zutreffend erfassen.

Bei der Auswertung der Versuche konnte eine Abhängigkeit zwischen den Funktionen  $f(\mu_1)$  und  $f(\lambda_s)$  nicht festgestellt werden. Beste Übereinstimmung zwischen Versuchen und Rechnung ergab sich bei Annahme von

$$\tau_u = c \cdot \sqrt[3]{\mu_1} \quad (5.6)$$

(Vgl. Bilder 41 a - c).

Der stärkere Tragfähigkeitszuwachs bei kleinen Bewehrungsgraden ist z.T. auf die mit wachsendem  $\mu_1$  bei nicht gestaffelter Bewehrung geringer werdenden Verbundspannungen zurückzuführen. Bei zunehmendem Längsbewehrungsgrad wird eine Betonummantelung der Bewehrung schlechter, so daß die Tragfähigkeit nur noch geringfügig ansteigt, da die Dübeltragfähigkeit hierdurch herabgesetzt wird. Es ist deshalb zu empfehlen, die durch Biegezugbewehrung erzielbare Schubtragfähigkeit oberhalb von  $\mu_1 = 3,5 \%$  außer Acht zu lassen.

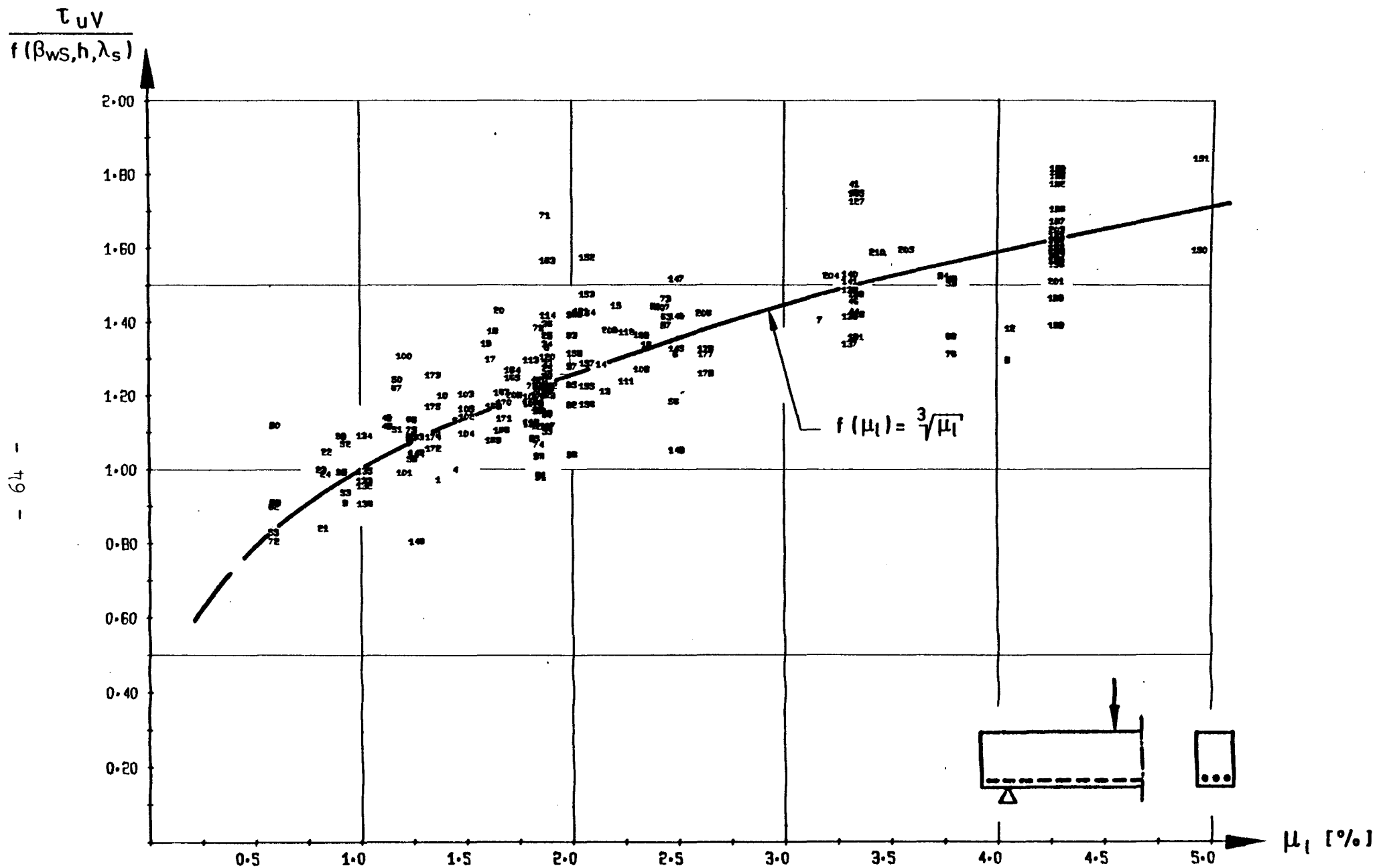


Bild 41a: Einfluß des Biegezugbewehrungsgrades, Versuchsbalken: Tafel 1, Nr. 1 ÷ 250

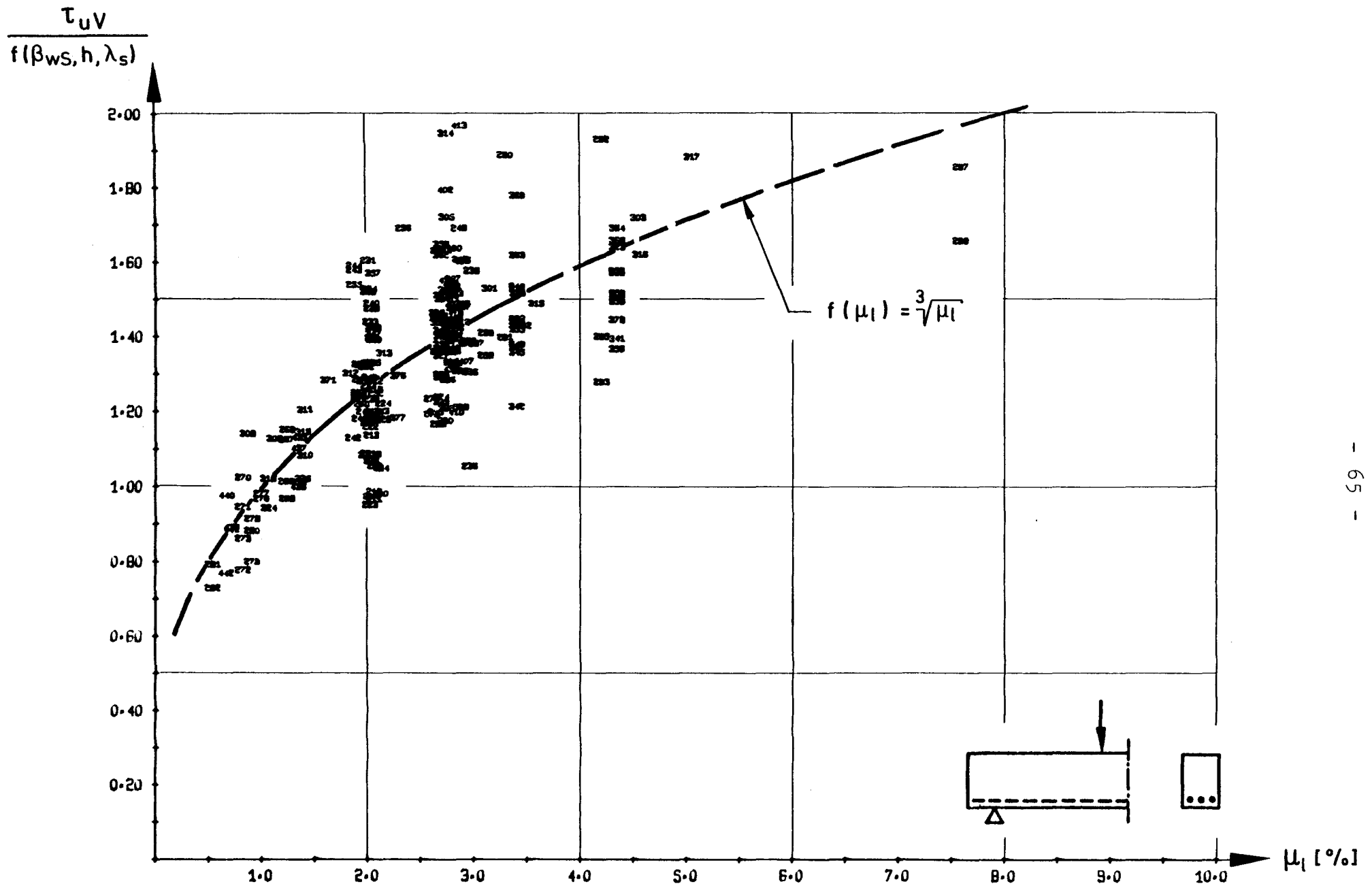


Bild 41b: Einfluß des Biegezugbewehrungsgrades, Versuchsbalken: Tafel 1, Nr. 251÷442

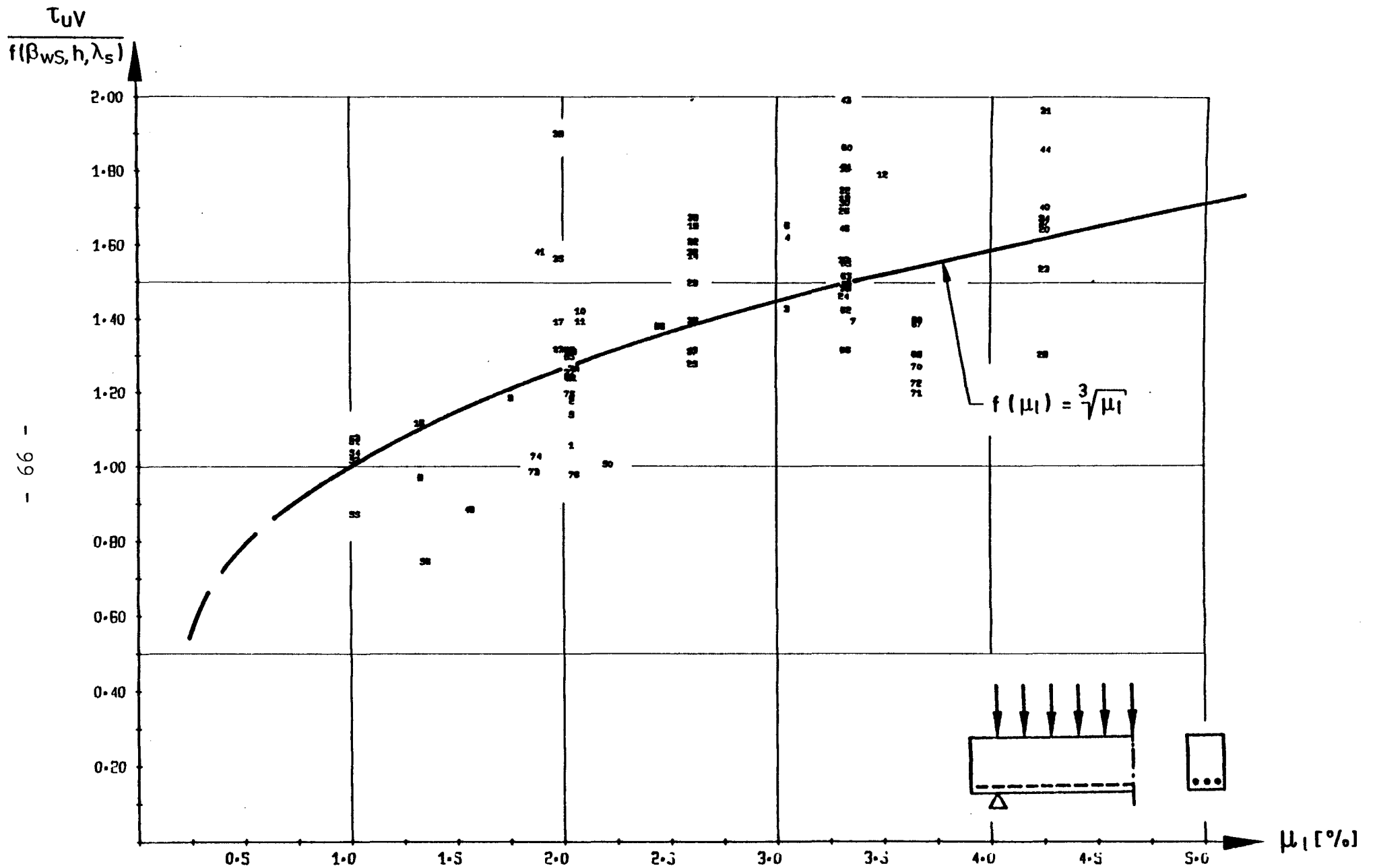


Bild 41 c: Einfluß des Biegezugbewehrungsgrades, Versuchsbalken : Tafel 2

Zum Vergleich sei darauf hingewiesen, daß die CEB-Empfehlungen einen Tragfähigkeitszuwachs nur bis zu einem Bewehrungsgrad von  $\mu_1 \leq 2,0 \%$  berücksichtigen.

Bei kleinen Schubschlankheiten ( $a/h \leq 1,5$ ) ist in der Regel nur eine geringe Längsbewehrung vorhanden ( $\mu_1 \leq 1,0 \%$ ). Eine Verwendung von Gleichung (5.6) auch bei kleinen Schubschlankheiten ergibt somit eine tragfähigkeitsmindernde Wirkung, da in diesem Fall  $\sqrt{\mu_1} \leq 1,0$  wird. Die Ergebnisse liegen daher bei kleinen Schubschlankheiten und  $\mu_1 \leq 1,0 \%$  immer auf der sicheren Seite.

Systematische experimentelle Untersuchungen zur Abschätzung des Einflusses unterschiedlicher Stahlgüten der Biegezugbewehrung auf die Schubtragfähigkeit sind nur in geringem Umfang bekannt. Bernander [5] verwendete als Längsbewehrung Stähle mit hoher Streckgrenze ( $\beta_s = 6800 \text{ kp/cm}^2$  bzw.  $9230 \text{ kp/cm}^2$ ). Ein deutlicher auf die erhöhte Streckgrenze zurückzuführender Tragfähigkeitszuwachs war nicht zu erkennen (Bilder 42 a - c). Dies ist auch nicht zu erwarten, da die Dübelfestigkeit nicht durch Erreichen der Fließgrenze der Längsbewehrung sondern durch Erreichen der Zugfestigkeit des Betons erschöpft wird.

Aus den vergleichsweise wenigen Versuchen, die sich mit dem Einfluß der Druckbewehrung auf die Schubtragfähigkeit nicht schubbewehrter Bauteile befassen, läßt sich kein eindeutiger Zusammenhang erkennen. Bei nicht schubbewehrten Balken reichen die Risse relativ weit an den oberen Rand hinauf und zerstören dabei u.U. den Verbund zwischen Druckbewehrung und angrenzendem Beton. Haugli [11] hält aus diesem Grund die Mitwirkung der Druckbewehrung bei der Schubabtragung für zweifelhaft.

Bei Plattenstreifen mit großem Stababstand der Biegezugbewehrung ist die Zugzone nicht mehr gleichmäßig durchsetzt und daher

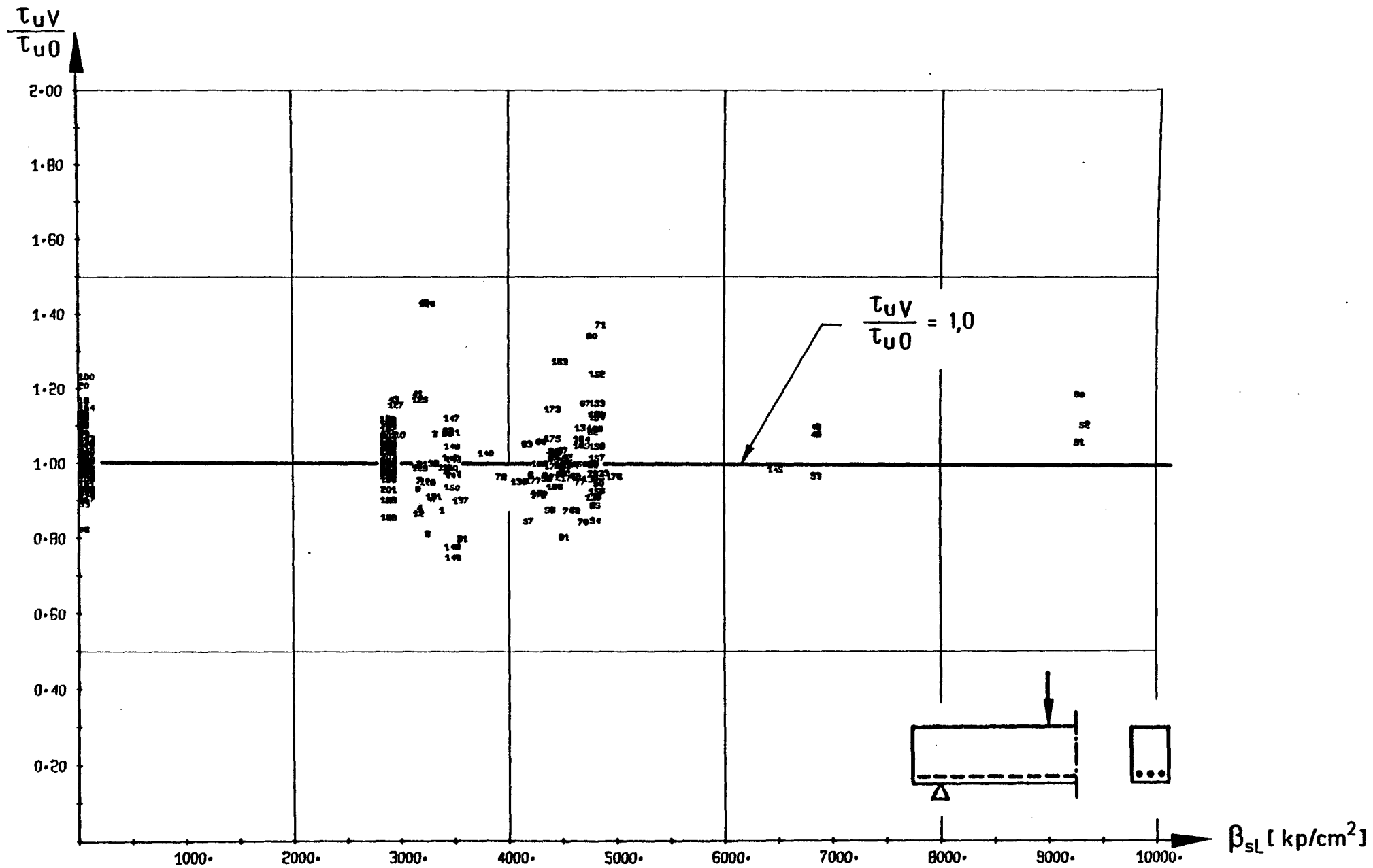


Bild 42 a: Einfluß der Streckgrenze der Biegezugbewehrung, Versuchsbalken : Tafel 1, Nr. 1 ÷ 250



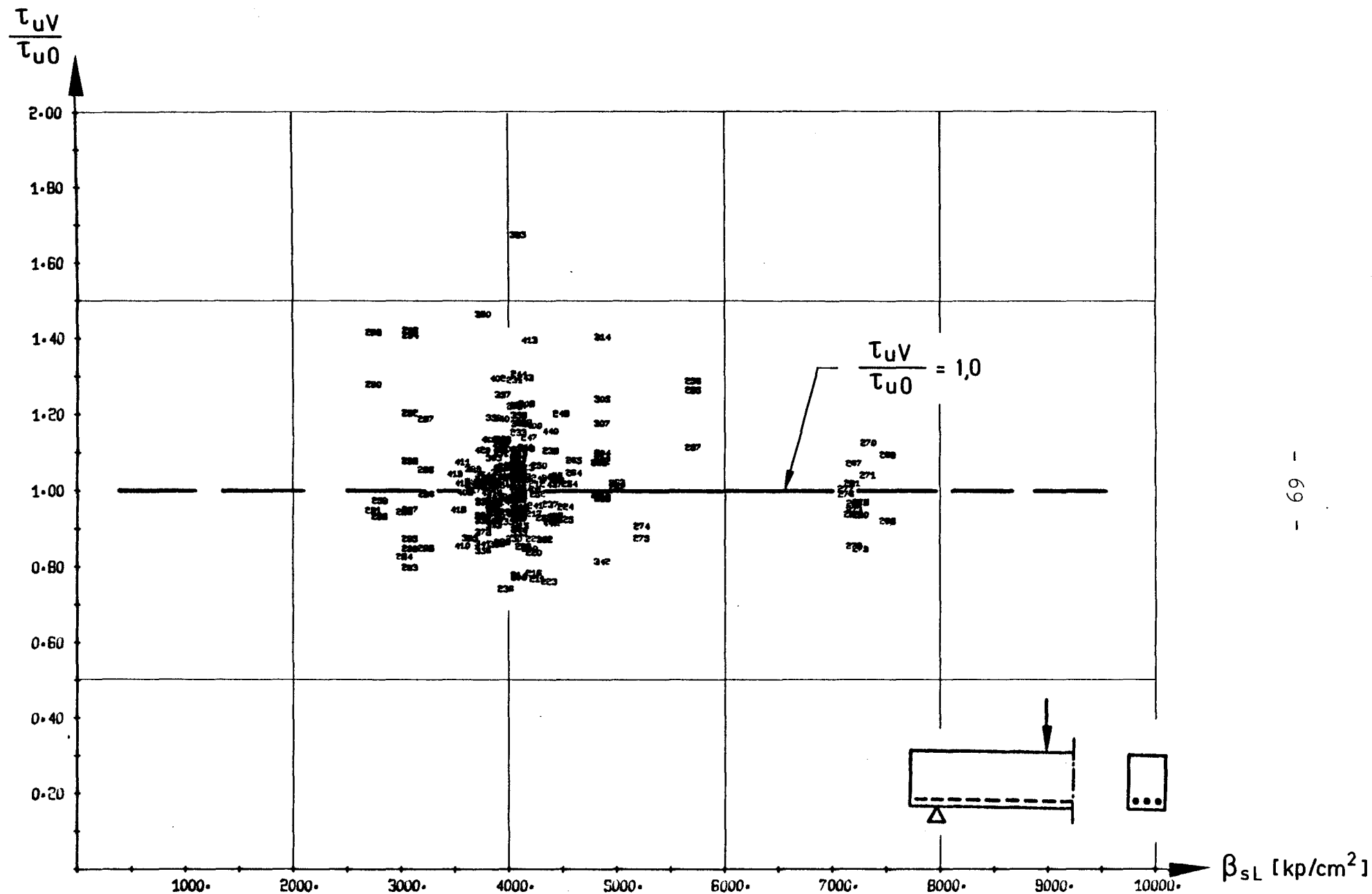


Bild 42 b: Einfluß der Streckgrenze der Biegezugbewehrung, Versuchsbalken: Tafel 1, Nr. 251 ÷ 442

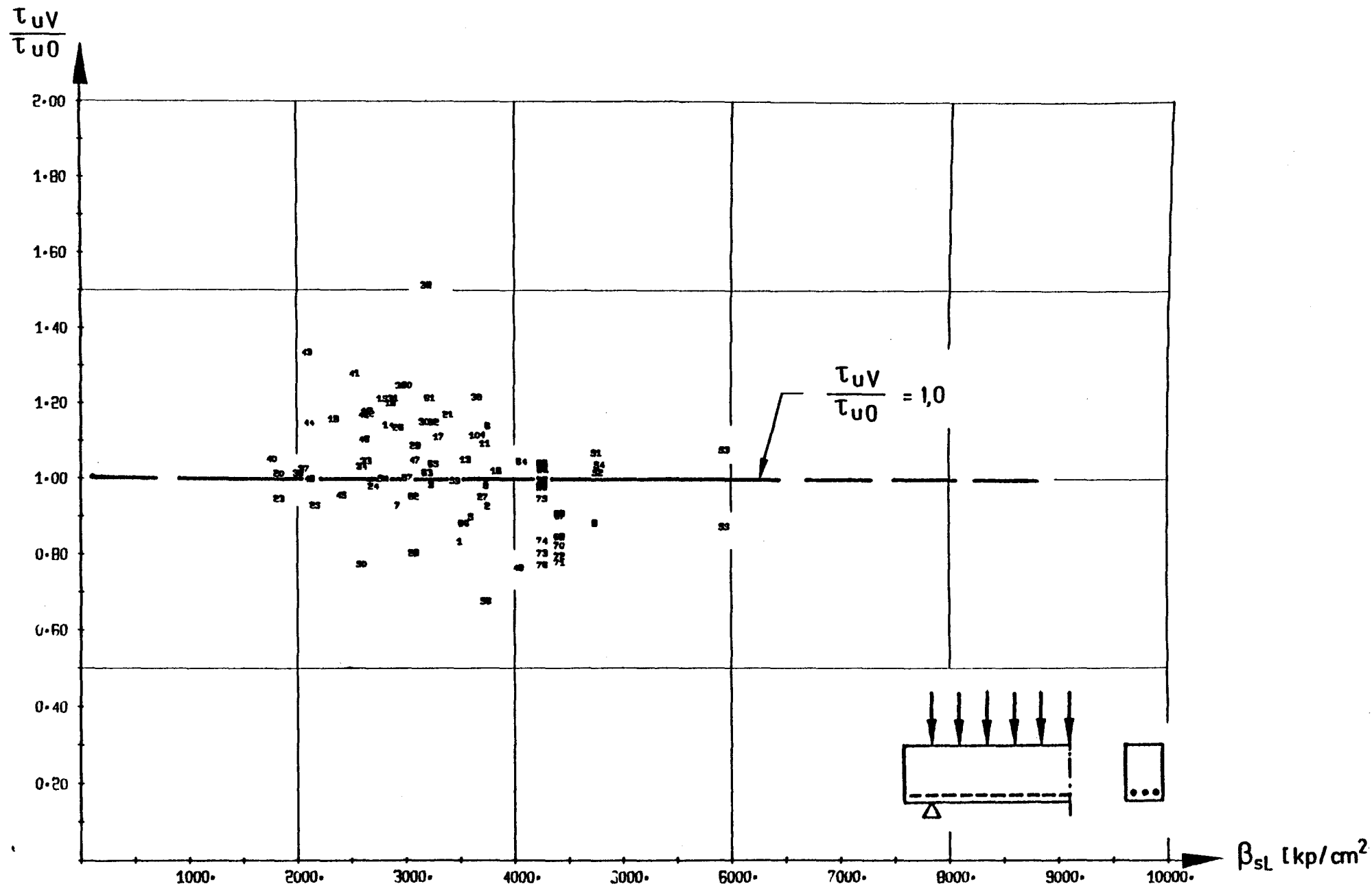


Bild 42 c : Einfluß der Streckgrenze der Biegezugbewehrung , Versuchsbalken : Tafel 2

$\mu_1$  von anderem Einfluß als bei Balken. Durch Begrenzung des Stababstandes in Plattenstreifen können jedoch balkenähnliche Verhältnisse hinsichtlich des Einflusses von  $\mu_1$  auf die Schubtragfähigkeit erzwungen werden. Aufgrund der ausgewerteten Balkenversuche kann davon ausgegangen werden, daß bei Begrenzung des Stababstandes auf 20 cm in Plattenstreifen vergleichbare Schubtragfähigkeiten erzielt werden können. Entsprechende Versuche wurden jedoch in der vorliegenden Studie nicht ausgewertet.

#### 5.2.4 Querschnittsform

Versuche an Plattenbalken ohne Schubbewehrung stehen nur in geringem Umfange zur Verfügung, so daß die experimentelle Absicherung einer Teilabhängigkeitsfunktion nicht möglich ist: In den wenigen bekannten Versuchen wurde nicht der Einfluß der Druckplatte untersucht sondern andere Eigenschaften variiert.

In der Mehrzahl der bekannten Arbeiten wird darauf hingewiesen, daß Plattenbalken bei sonst gleichen Bedingungen eine höhere Tragfähigkeit besitzen als Rechteckbalken: Ferguson und Thompson [21] kamen bei experimentellen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß die Ansetzung der minimalen Stegbreite als maßgebende Breite für die Bestimmung des Rechenwertes der Schubspannung zu konservativ ist. Diese Reserve auszunutzen, wird allerdings in der Regel nicht empfohlen.

Die größere Tragfähigkeit von Plattenbalken gegenüber vergleichbaren Rechteckbalken ( $b^D = b^T_{\text{Steg}}$ ) ist auf die höhere Steifigkeit von T-Querschnitten zurückzuführen. Unter identischer Belastung entstehen geringere Zugspannungen als bei Rechteckbalken, so daß sich erst bei höheren Lasten Risse bilden. Hierdurch ergibt sich eine erhöhte Schubtragfähigkeit der Übertragungselemente, Rißverzahnung und Biegedruckzone. Die Tragfähigkeit der Druckzone ist neben der Betonfestigkeit auch von der Druckflächengröße sowie vom Neigungswinkel der Biegedruckkraft abhängig. Da die Drucktrajektorien - wie vielfach beobachtet - in Balken mit T-Querschnitt bereichsweise flacher verlaufen als in vergleichbaren Rechteckquerschnitten,

ist die Tragfähigkeitssteigerung letztlich auf die Mitwirkung eines Anteils der an den Steg angrenzenden Druckplatte zurückzuführen.

Bei den zur Auswertung herangezogenen Versuchen an Plattenbalken ohne Schubbewehrung wurden vorwiegend Schubschlankheiten  $a/h \geq 3,0$  untersucht. So beanspruchte Balken versagen jedoch durch Schrägzugbruch. Ohne Anordnung einer nennenswerten Stegbewehrung kann daher die höhere Tragfähigkeit der Druckzone nicht wirksam werden. Nach der Rißbildung tritt auch hier nahezu ohne Übergang zu anderen Tragformen der Bruch ein: Beim Versuch der Umlagerung der freiwerdenden Schubkraft in die Druckzone wird die Zugfestigkeit des Betons oberhalb des Betonzahnes überschritten; der entstehende Riß trennt Platte und Steg bzw. er dringt durch die Platte bis an den Balkenrand vor.

Die Nachrechnung der Versuche an nicht schubbewehrten Plattenbalken mit den für Rechteckquerschnitte ermittelten Zusammenhängen, d.h. mit der minimalen Stegbreite als maßgebender Breite zur Bestimmung der rechnerischen Schubspannung, ergibt zufriedenstellende Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen. Eine Überschätzung der Tragfähigkeit von Versuchskörpern mit dünnen Stegen von Ferguson und Thompson ist auf die ungewöhnlich starke Biegezugbewehrung zurückzuführen, die bei den geringen Balkenabmessungen nicht in voller Höhe angesetzt werden kann, da die Dübelfestigkeit wegen der äußerst geringen Betonummantelung der Bewehrung vorzeitig erreicht wird.

Bei Darstellung des Quotienten  $\tau_{uv}/\tau_{u0}$  in Abhängigkeit von Plattenstärke bzw. Plattenbreite läßt sich keine systematische Abhängigkeit feststellen (vgl. Bilder 43 und 44). Nicht schubbewehrte Balken sollten deshalb nach der vorliegenden experimentellen Erfahrung wie Rechteckbalken berechnet werden.

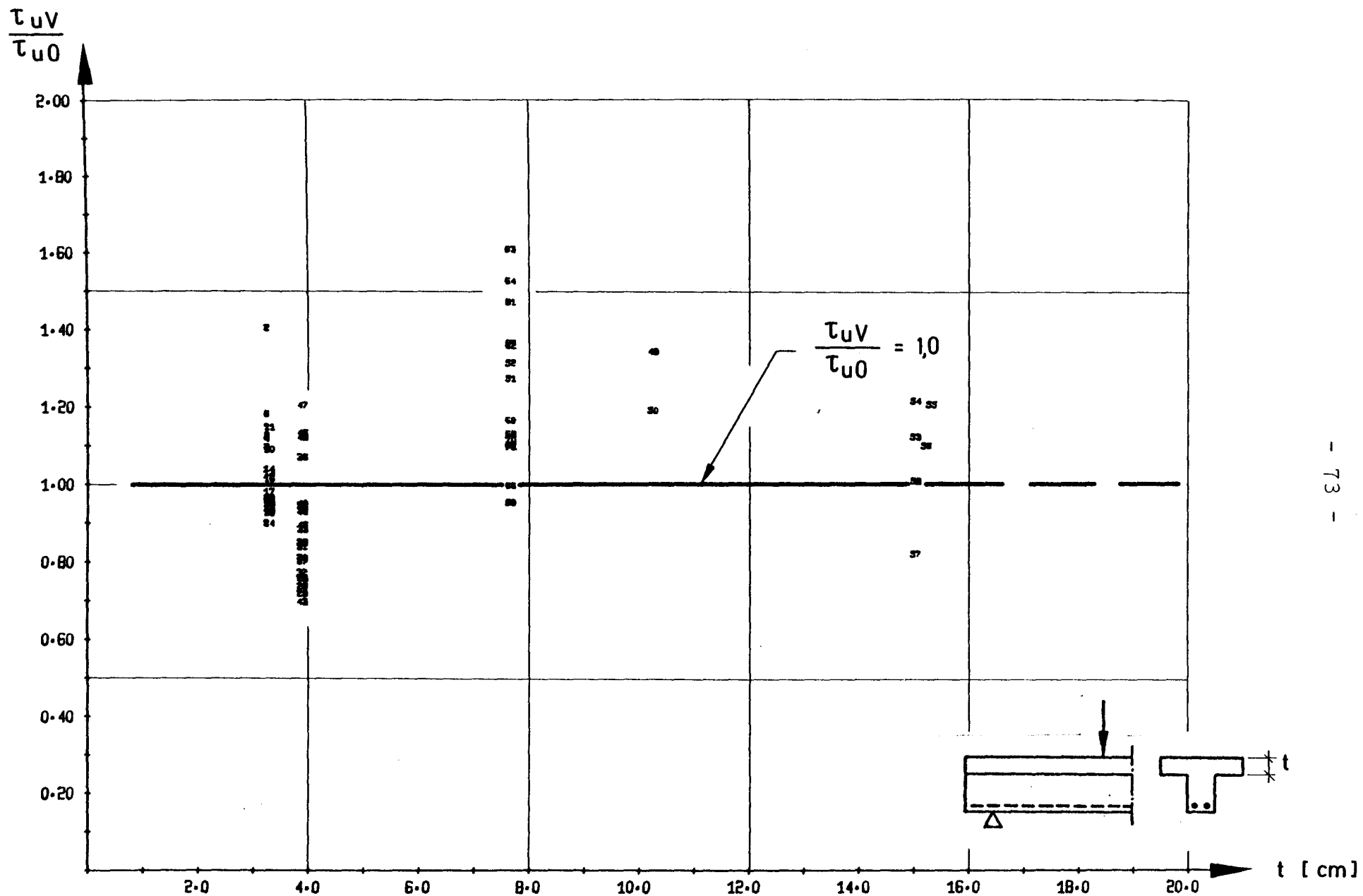


Bild 43 : Einfluß der Plattenstärke , Versuchsbalken : Tafel 3

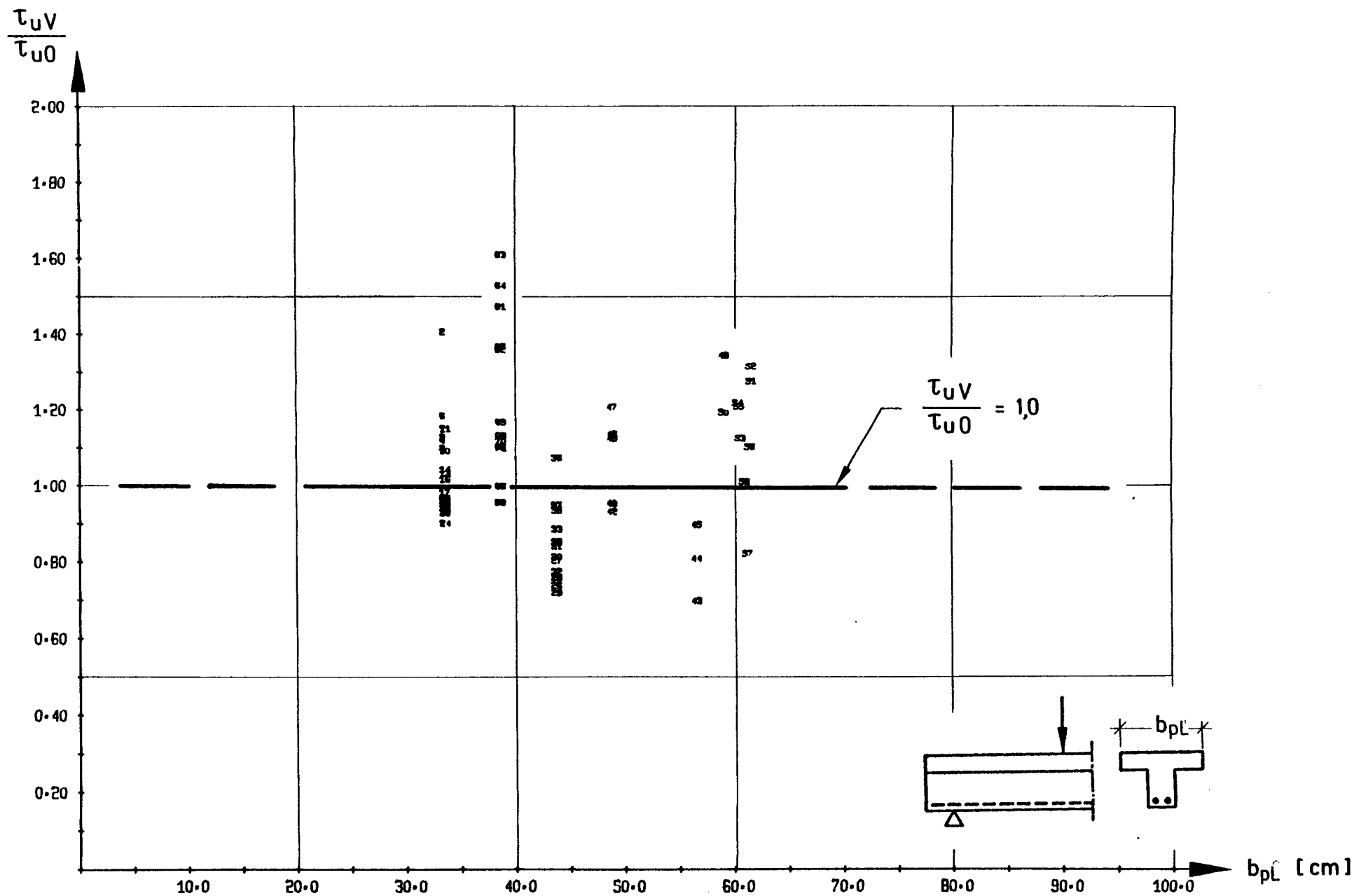


Bild 44: Einfluß der Plattenbreite, Versuchsbalken: Tafel 3

### 5.2.5 Schubschlankheit

Der Einfluß der Schubschlankheit  $\lambda_s = a/h$  auf die Entstehung der verschiedenen Bruchmechanismen und indirekt auch auf die Schubtragfähigkeit wurde bereits im Abschnitt 3 ausführlich diskutiert. Bei Einzellastbeanspruchung werden durch  $\lambda_s$  vorwiegend die Brucharten Scherbruch, Schubdruckbruch und Schrägzugbruch bestimmt; bei Gleichlasten ist ein kritischer Schubriß unabhängig von der Stützweite stets bei  $\lambda_s = 2,0 - 3,5$  zu erwarten [10].

In Kenntnis der anderen tragfähigkeitsbestimmenden Parameter lassen sich alle Versuchsergebnisse bei Einzellasten in Abhängigkeit von der Schubschlankheit, bei Gleichlast von der Schlankheit auftragen. Wie aus diesen Darstellungen hervorgeht (vgl. Bilder 45 a - b) ergeben sich hierdurch auf  $\lambda_s$  bzw.  $\lambda$  empfindlich reagierende jedoch nicht sehr stark streuende Zusammenhänge. Sie können für beide Lastarten bereichsweise einfach approximiert werden; die entsprechenden Näherungen finden sich unter Gleichung (4.22) in Abschnitt 4.5.

Im Hinblick auf kombinierte Belastungen kann es wichtig sein, zwischen Schubschlankheit und Schlankheit des Biegetragwerkes einen für die Schubtragfähigkeit relevanten Zusammenhang zu finden. Kani [50] empfiehlt bei der Berechnung durch Gleichlast belasteter Balken generell von der Voraussetzung  $a = 0,25 l$  auszugehen. Er begründet diesen Vorschlag dadurch, daß bei Anordnung von zwei Einzellasten der Größe  $P = p \cdot l/2$  in den Viertelpunkten der Stützweite Biegemoment und Querkraft die gleichen Maximalwerte erreichen wie bei Gleichlast. Die auf diese Weise ermittelten Bruchbeanspruchungen liegen jedoch insgesamt unterhalb der im Versuch ermittelten Grenztragfähigkeiten. Dies mag darauf zurückzuführen sein, daß bei Gleichlastbelastung die Maximalwerte von Biegemoment und Querkraft abweichend von den Gegebenheiten unter Wirkung der Ersatzlast nicht an gleicher Stelle auftreten und darüberhinaus der günstige Einfluß der kontinuierlich wirkenden Lasteintragungsspannungen auf die Festigkeit der Druckzone durch

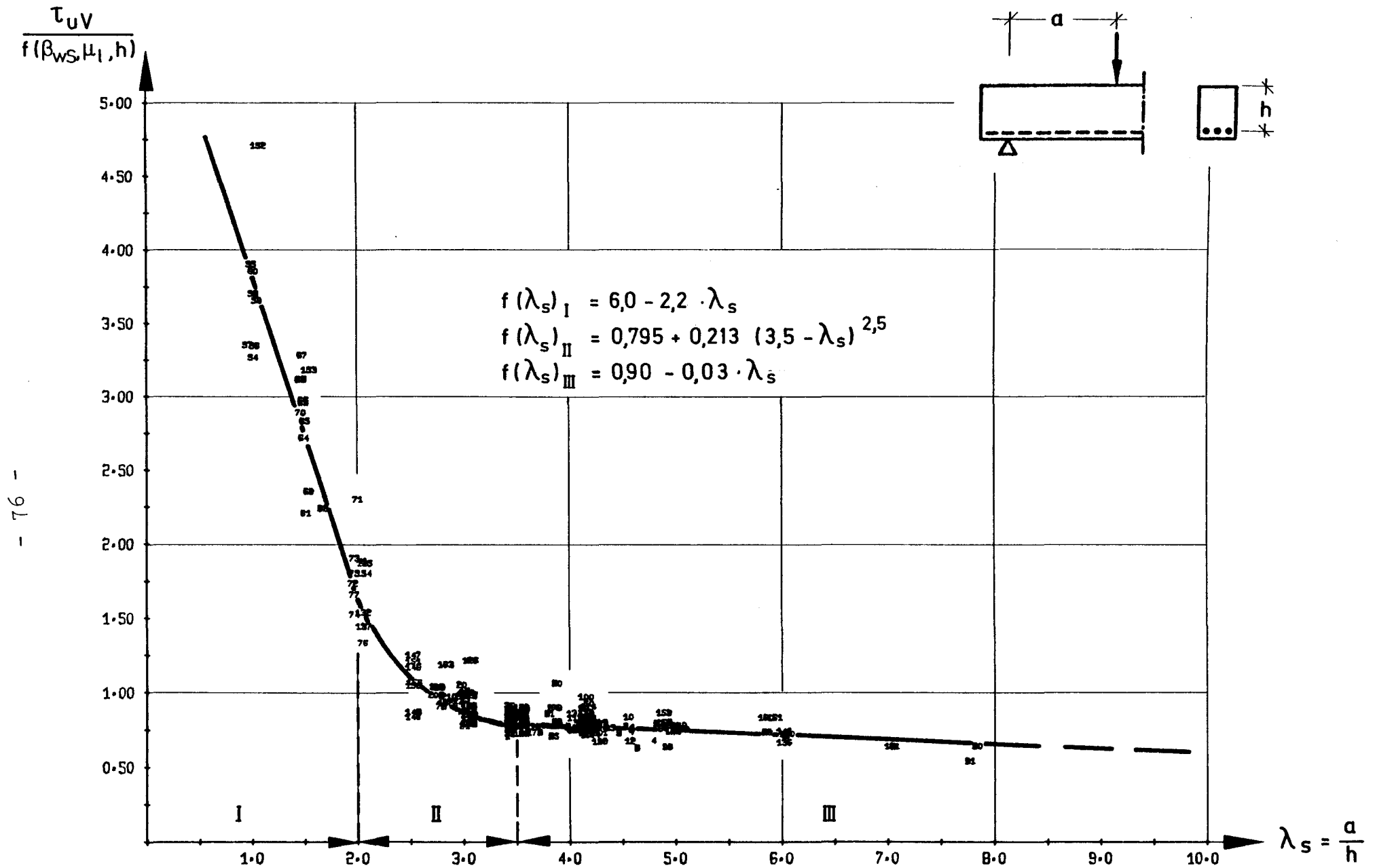


Bild 745b: Einfluß der Schubschlankheit, Versuchsbalken : Tafel 1, Nr. 1 ÷ 250



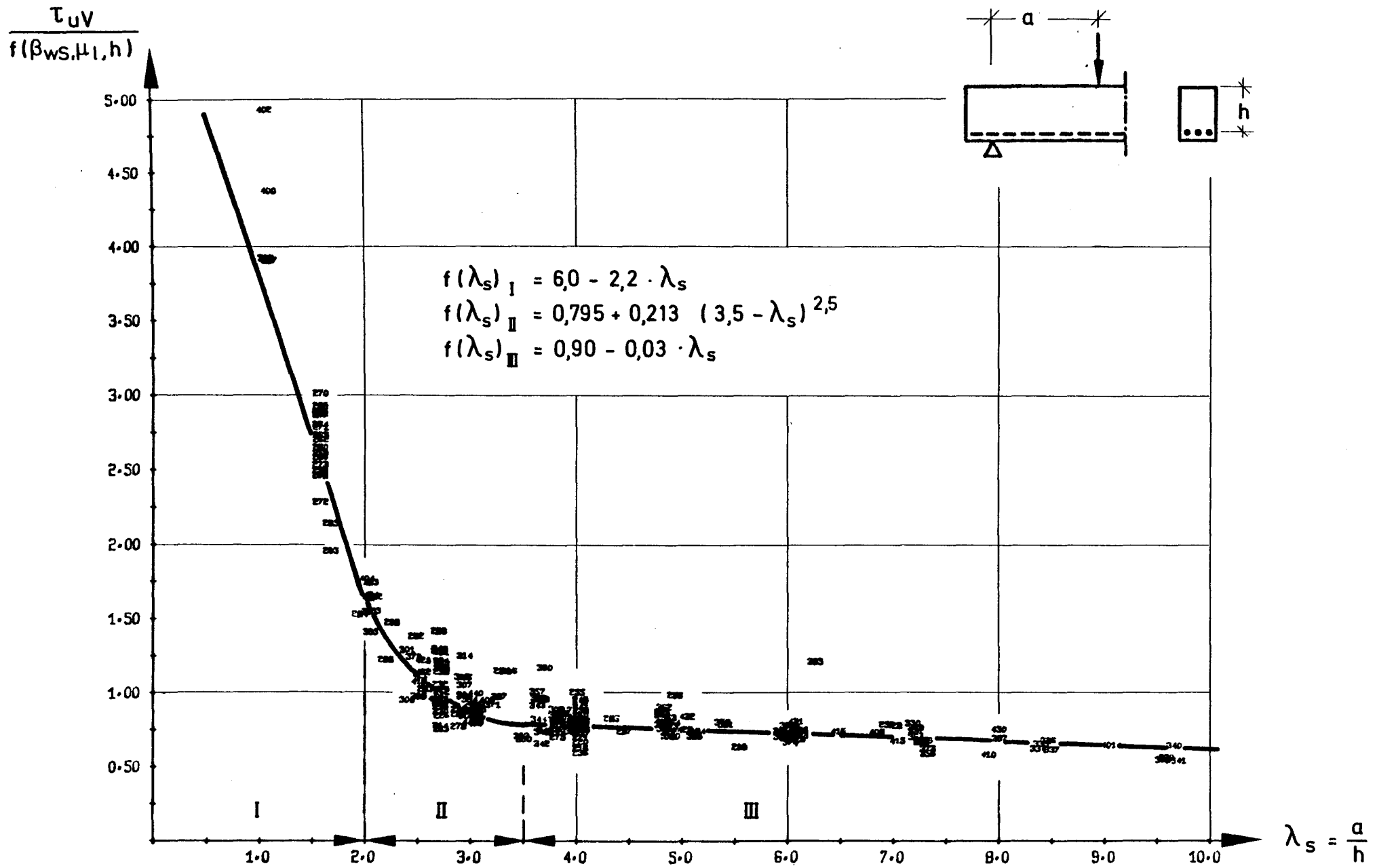


Bild 45b: Einfluß der Schubslankheit , Versuchsbalken : Tafel 1 , Nr. 251 ÷ 442

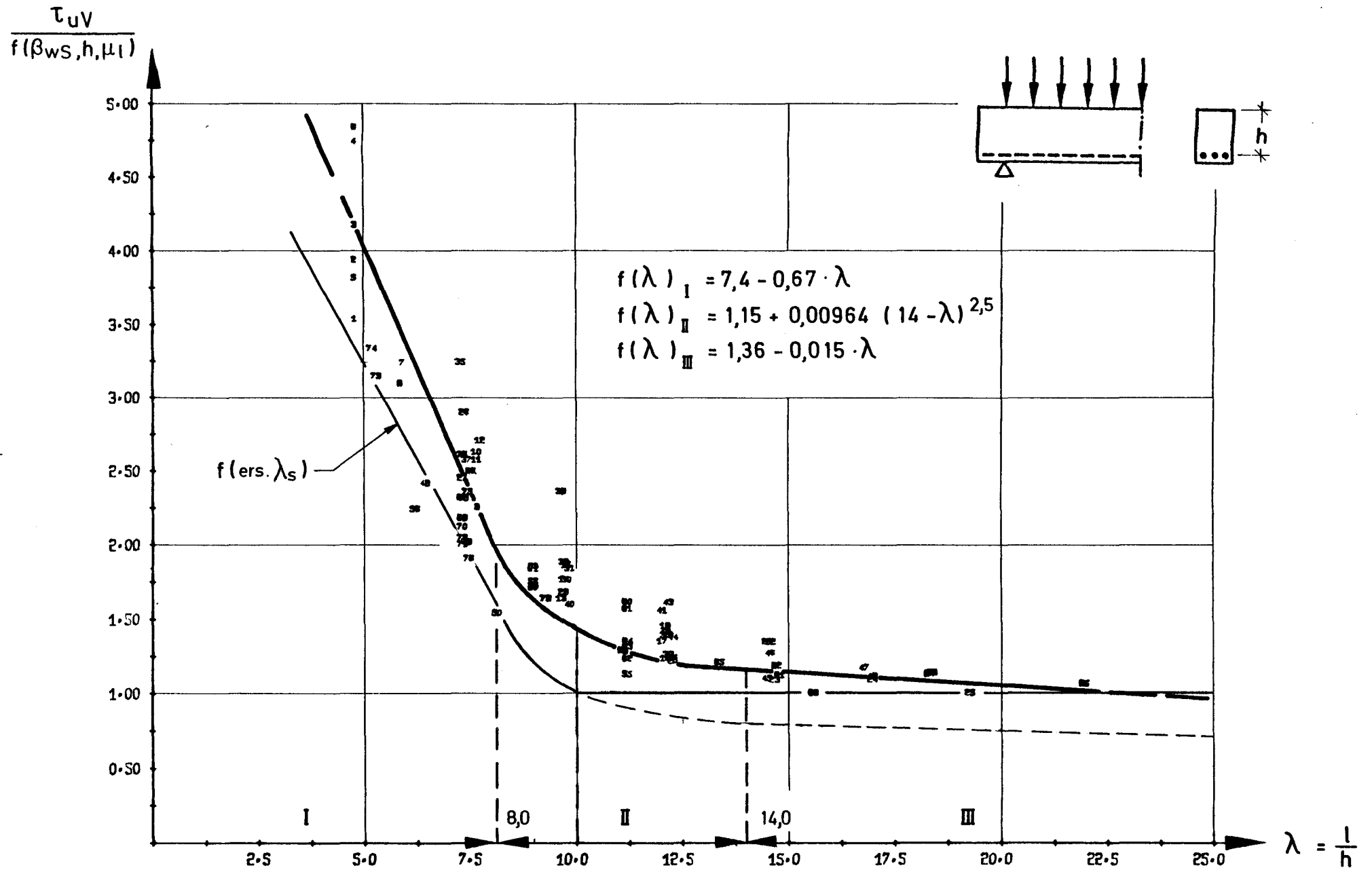


Bild 45c : Einfluß der Balkenschlankheit , Versuchsbalken : Tafel 2

Einführung der Ersatzlast nicht mit erfaßt werden kann. Bei dem Vorschlag von Kani handelt es sich somit um eine konservative Näherung. Aus Bild 45 c ist zu ersehen, daß für  $l/h \geq 10$  zutreffender von

$$\text{ers } \lambda_s = \text{const.} = 25 \quad (57)$$

ausgegangen werden kann.

### 5.3 Biegetragwerke mit Schubbewehrung

#### 5.3.1 Allgemeines

Voraussetzungsgemäß wird die Erhöhung der Schubtragfähigkeit von Biegetragwerken infolge Anordnung einer Schubbewehrung durch ein additives Glied berücksichtigt (vgl. Gl. (4.9.)). Entsprechend den in Abschnitt 4.3.3 bereits ausführlich erörterten Überlegungen kann daher bei schubbewehrten Tragwerken - unter Berücksichtigung von unteren und oberen Gültigkeitsgrenzen - vom bereits bekannten Anteil eines nicht schubbewehrten Tragwerkes  $\tau_{u0}$  ausgegangen werden. Nur der restliche Anteil  $\tau_{u1}$  bedarf einer weiteren Studie:

$$\tau_{uIV} = \tau_{uV} - \tau_{u0} \quad (58)$$

Bei der Mehrzahl der für die Auswertung zugänglichen Schubversuche wird die Tragfähigkeit der Balken mit Stegbewehrung gegenüber nicht schubbewehrten Balken nur unerheblich erhöht; der Zuwachs liegt in der Regel unter 50 %. Diese Tatsache erschwert die Ermittlung der Auswirkung einzelner Parameter. Von der Nachrechnung nicht schubbewehrter Balken ist bekannt, daß die tatsächliche Tragfähigkeit im Einzelfall nur bis auf 35 % genau ermittelt werden konnte. Bei schubbewehrten Balken ist Ähnliches zu erwarten, d.h. auch hier müßte im Traganteil  $\tau_{u0}$  mit Abweichungen von dieser Größenordnung gerechnet werden. Da die Tragfähigkeit der Schubbewehrung im Versuch aus der Differenz  $\tau_{uV} - \tau_{u0}$  ermittelt wird, und der Fehler in  $\tau_{u0}$  nicht eliminierbar ist, gehen mögliche Abweichungen in voller Höhe in  $\tau_{u1}$  ein. Entspricht  $\tau_{u1}$  z.B. nur 10 % der Gesamttrag-

fähigkeit, so sind Fehler  $\geq 300\%$  möglich. Versuche, bei denen die Stegbewehrung nur einen vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamttragfähigkeit ausmacht, sind deshalb für die Festlegung der Einflüsse einzelner Parameter nicht nutzbar.

Für die Ermittlung der Teilabhängigkeitsfunktionen bzw. für den Nachweis der Übereinstimmung der Funktionen mit den tatsächlichen Gegebenheiten wurden deshalb zunächst nur Versuche mit  $\tau_{u0}/\tau_{u1} \leq 1,5$  verwendet. Eine etwaige 35%ige Streuung im Einzelfall in  $\tau_{u0}$  verursacht bei diesem Tragfähigkeitsverhältnis immer noch einen Fehler von etwa 50% in  $\tau_{u1}$ . Daneben ist in  $\tau_{u1}$  selbst eine ähnliche Streuung wie in  $\tau_{u0}$  zu erwarten, so daß u.U. bei einzelnen Versuchen Gesamtfehler von annähernd 100% in  $\tau_{u1}$  möglich sind. Dies muß in Kauf genommen werden, da durch noch weitgehendere Einschränkung - neben der Abgrenzung nach oben ( $\tau_{u1} \leq \tau_{u0}$ ) - eine zu geringe Anzahl an aussagekräftigen Versuchen zur Erfassung der einzelnen Parameter von  $\tau_{u1}$  übrig bliebe.

Die Abhängigkeit der Schubtragfähigkeit infolge Schubbewehrung von einem Parameter  $P_i$  kann nach Kenntnis aller weiteren ebenfalls empirisch bestimmten Zusammenhänge durch Gegenüberstellung von  $f(P_i)$  und der aus Versuchen ermittelten Werte

$$F_i = \frac{\tau_{u1} - \tau_{u0}}{f(P_1) \cdot f(P_2) \cdot \dots \cdot f(P_{i-1})} \quad (5.9)$$

zum Ausdruck gebracht werden.

Wegen der geringen Anzahl an aussagekräftigen Versuchen mit

$$1,0 \leq \tau_{u0}/\tau_{u1} \leq 1,5$$

mußte ein Weg gesucht werden, der eine sinnvolle nachträgliche Überprüfung auch von Versuchswerten im Bereich

$$\tau_{u0}/\tau_{u1} \leq 1,0$$

ermöglicht.

Geht man davon aus, daß  $\tau_{u1}$  in Form von

$$\tau_{u1} = f(P_1) \cdot f(P_2) \cdot \dots \cdot f(P_i) \quad (5.10)$$

bereits bekannt ist, so gilt für den Bereich

$$\tau_{u1} \geq \tau_{u0} \quad (5.11)$$

eine geänderte Superposition nach Gl. (4.13):

$$\tau_u = \tau_{u0} \left( 1 + \sqrt[3]{\frac{\tau_{u1}}{\tau_{u0}}} \right) \quad (5.12)$$

Löst man diese Gleichung nach  $\tau_{u1}$  auf

$$\tau_{u1} = \left( \frac{\tau_u - \tau_{u0}}{\tau_{u0}} \right)^3 \cdot \tau_{u0} \quad (5.13)$$

so erkennt man, daß beliebige Einflußgrößen der Schubbe-  
wehrung einschließlich ihrer Fehler im Bereich  $\tau_{u1} \geq \tau_{u0}$   
stets mit ihrer 3. Potenz in Gleichung (5.12) eingehen.

Um der Wirklichkeit besser zu entsprechen, wurde daher der  
Vergleich der Versuchsergebnisse mit den bereits aus dem Be-  
reich  $\tau_{u1} < \tau_{u0}$  angenäherten Funktionen  $f(P_i)$  unter Berück-  
sichtigung der tatsächlichen Auswirkungen dieser Funktionen  
auf die Schubtragfähigkeit geführt. Nach (5.10) läßt sich z.B.  
 $f(P_i)$  mit Hilfe von (5.13) wie folgt ausdrücken:

$$f(P_i) \rightarrow F_i = \left( \frac{\tau_u - \tau_{u0}}{\tau_{u0}} \right)^3 \cdot \frac{\tau_{u0}}{f(P_1) \cdot f(P_2) \cdot \dots \cdot f(P_{i-1})} \quad (5.14)$$

Hierbei ist  $f(P_i)$  eine bekannte Funktion und  $F_i$  ist aus Ver-  
suchen zu ermitteln. Statt nun die Einzelwerte  $F_i$  direkt  $f(P_i)$   
gegenüber zu stellen, wurden diese Einzelwerte im Bereich  
 $\tau_{u1} > \tau_{u0}$  stets wie folgt umgerechnet:

$$\text{red } F_i = f(P_i) \sqrt[3]{\frac{F_i}{f(P_i)}} \quad (5.15)$$

In dieser Weise wurde der Parameter  $P_i$  dem wahren Einfluß entsprechend gewichtet. Alle nachfolgenden Bilder enthalten auch Versuchsdaten aus dem Bereich  $\tau_{u1} > \tau_{u0}$ , die nach Gl. (5.15) umgeformt werden.

### 5.3.2 Schubbewehrung

Die Schubbewehrung als Parameter enthält (vgl. Abschnitt 4.3.3) die Einflüsse der nachfolgend aufgeführten Einzelheiten

- Bewehrungsgehalt
- Art der Schubbewehrung, Bügel oder aufgebogene Längsstäbe
- Abstände der Schubbewehrungselemente entlang der Längsachse des Biegetragwerkes
- Neigung der Schubbewehrungselemente
- Verankerungselemente

Nachfolgend werden diese Einflüsse im Hinblick auf die Schubtragfähigkeit anhand der Versuchsergebnisse erörtert.

Aus der Fachwerkanalogie bzw. der Geometrie eines Fachwerks mit beliebiger Strebenneigung ergibt sich unter Vernachlässigung der Dehnsteifigkeitsverhältnisse die Stegzugkraft je Längeneinheit

$$Z_s = \frac{Q_u}{\sin \beta} \cdot \frac{1}{z (\cot \alpha + \cot \beta)} \quad (5.16)$$

Unter der Voraussetzung, daß die Stegbewehrung im Bruchzustand bis zur Streckgrenze ausgenutzt wird, beträgt die maximal aufnehmbare Schubspannung:

$$\tau_{uFW} = \frac{F_{sq} \cdot \beta_s}{b \cdot s} \cdot \sin \beta (\cot \alpha + \cot \beta) \quad (5.17)$$

Der Ausdruck

$$\frac{F_{sq}}{b \cdot s \cdot \sin \beta}$$

wird üblicherweise zu  $\mu_s$ , dem Schubbewehrungsgrad, zusammengefaßt. Damit ergibt sich

$$\tau_{uFW} = \mu_s \cdot \beta_s \cdot \sin^2 \beta (\cot \alpha + \cot \beta) \quad (5.18)$$

Die Schubtragfähigkeit der Schubbewehrung läßt sich somit nach der Fachwerkanalogie durch den Ausdruck  $\mu_s \cdot \beta_s$  erfassen, sofern die Neigung der zugehörigen Druckstreben  $45^\circ$  und die Neigung der Stegbewehrung  $45^\circ$  bzw.  $90^\circ$  beträgt. Besonders günstig ist ein Neigungswinkel der Schubbewehrung von  $\beta = 45^\circ$ , da sie dann nahe der Hauptspannungsrichtung liegt. Sie hat so einen günstigen Einfluß auch auf die Größe der Beanspruchung der geneigten Druckstreben. Aus der Fachwerkanalogie ergibt sich bei Druckstrebenneigung  $\alpha = 45^\circ$  die Beanspruchung je Längeneinheit zu

$$D_s' = 2 \cdot \frac{Q_u}{z} \cdot \frac{1}{1 + \cot \beta} \quad (5.19)$$

Bei  $\beta = 90^\circ$  ergibt sich somit gegenüber  $\beta = 45^\circ$  die doppelte Druckstrebenbeanspruchung. Diesem Umstand kommt erhöhte Bedeutung zu, wenn das Versagen der Druckstreben bruchauslösend ist.

Krefeld und Thurston [17] stellten direkte Proportionalität zwischen  $\mu_s \cdot \beta_s$  und dem Tragfähigkeitszuwachs infolge Stegbewehrung für  $\mu_s \cdot \beta_s \geq 6,33$  fest. Einen Tragfähigkeitszuwachs überhaupt beobachteten sie erst für  $\mu_s \cdot \beta_s \geq 2,11$ . Im Bereich  $2,11 > \mu_s \cdot \beta_s < 6,33$  meinten sie einen überproportionalen Anstieg der Schubtragfähigkeit zu erkennen.

Die Notwendigkeit der Annahme eines Mindestwertes für  $\mu_s \cdot \beta_s$  läßt sich auch aus der Analyse der einzelnen Bruchmechanismen deutlich erkennen. Schwache Stegbewehrung entzieht sich der Beanspruchung durch große Dehnungen. Bei größeren Schubschlankheiten (Schrägzugbruch) fließt sie kurz nach Auftreten des kritischen Schubrisses. Ein geringer Schubbewehrungsgrad kann somit die Tragfähigkeit nur durch Umschnürungseinfluß und so bedingte Stabilisierung der Dübeltragwirkung steigern. Setzt man auch bei geringen  $\mu_s \cdot \beta_s$ -Werten einen proportionalen

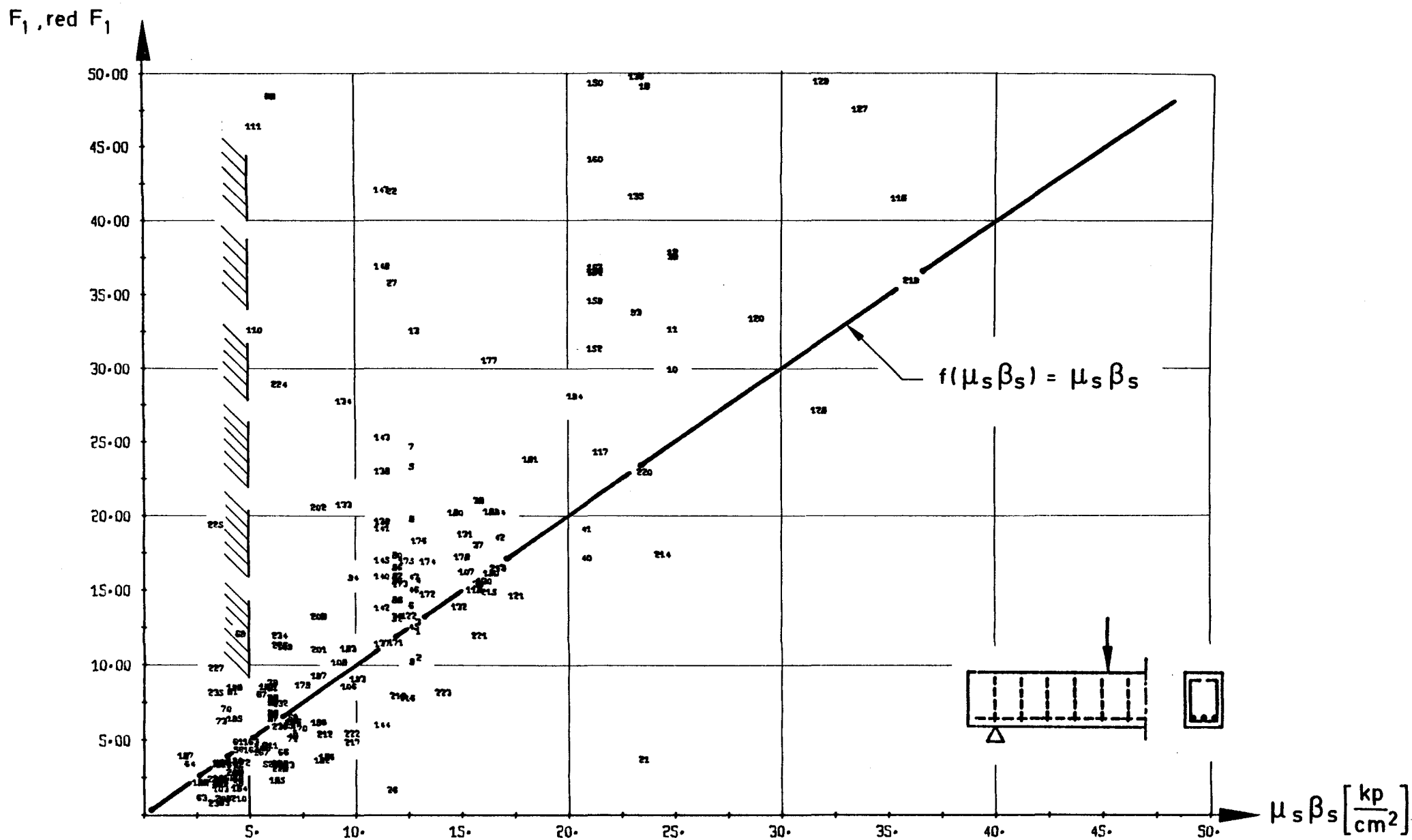


Bild 46a : Einfluß von  $\mu_s \beta_s$  auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken : Tafel 4



$F_1, \text{red } F_1$

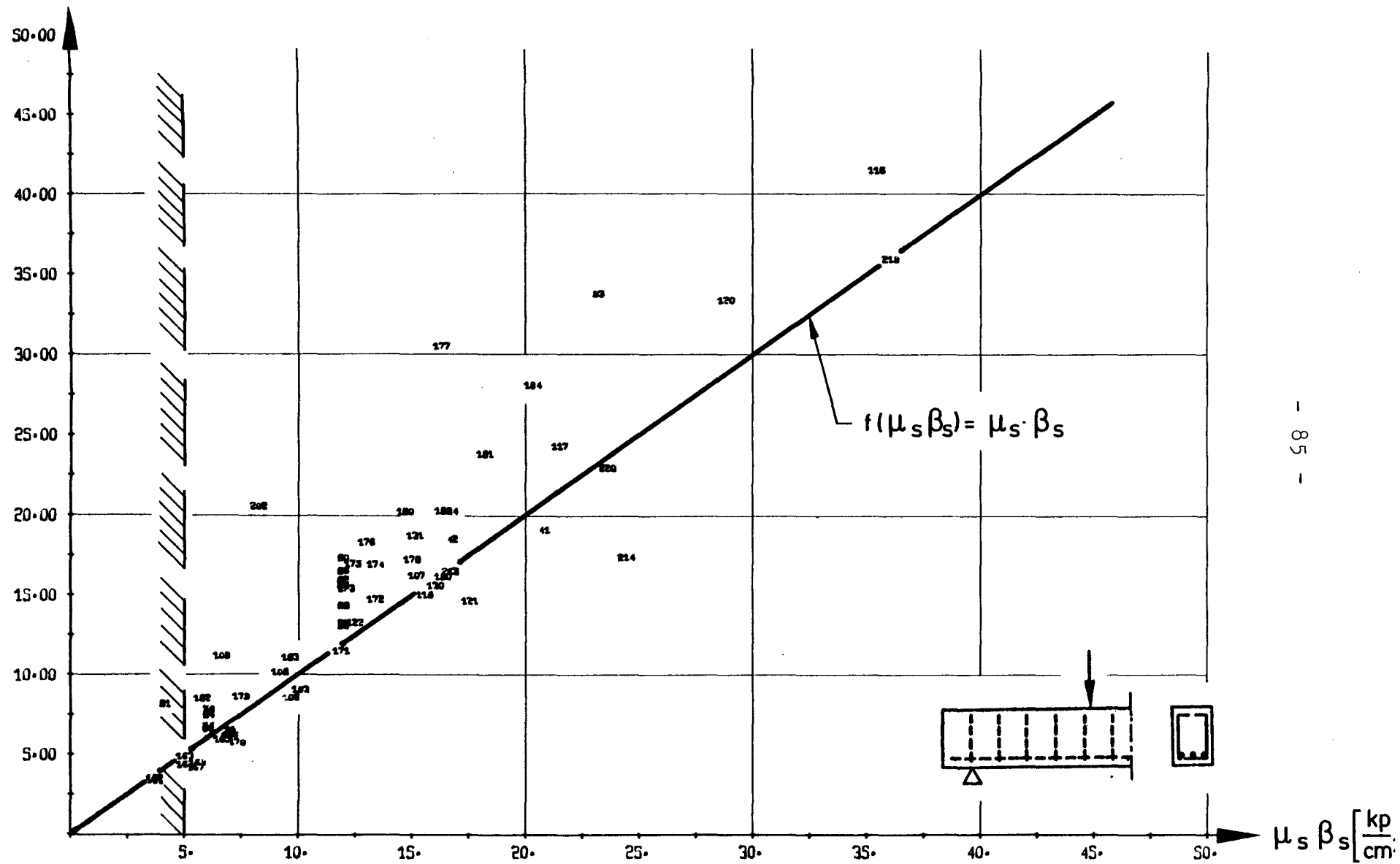


Bild 46b : Einfluß von  $\mu_s \beta_s$  auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken : Tafel 4 - Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV} - \tau_{u0}) \leq 1,5$

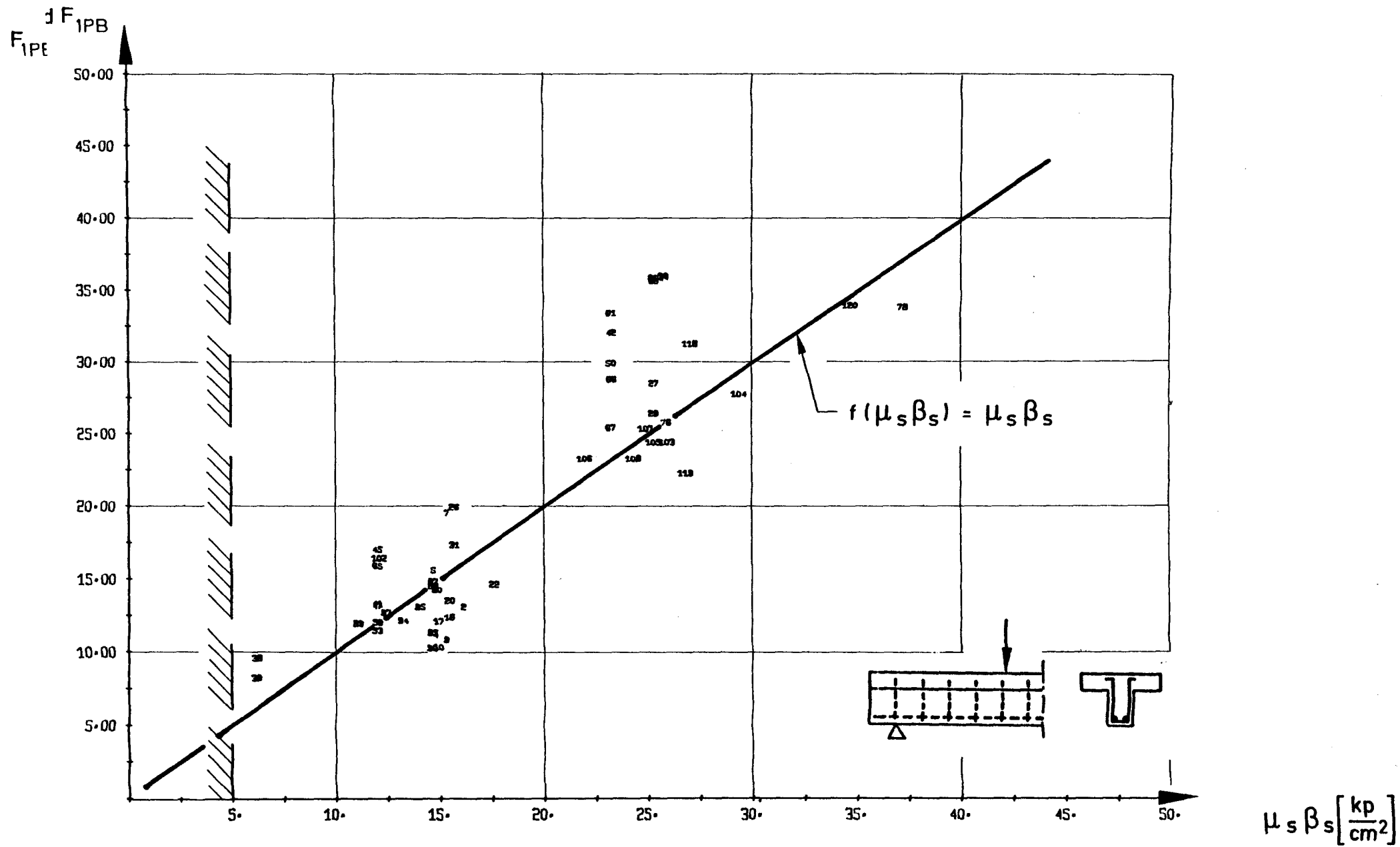


Bild 46c: Einfluß von  $\mu_s \beta_s$  auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken: Tafel 6 - Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV} - \tau_{u0}) \leq 1,5$

Tragfähigkeitszuwachs voraus, so kann die Schubtragfähigkeit  $\tau_{u1}$  unter Umständen überschätzt werden. Allerdings wird sich ein solcher Fehler im allgemeinen wenig auswirken, da der Tragfähigkeitszuwachs, der sich aus einer vergleichsweise geringen Stegbewehrung ergibt, ebenfalls klein ist. In der vorliegenden Studie wurde deshalb für die Auswertungen unabhängig von der Größe von  $\mu_s \cdot \beta_s$  Proportionalität zu  $\tau_{u1}$  vorausgesetzt, zumal sich aus den Versuchen ein deutlicher Mindestwert nicht feststellen läßt (vgl. Bilder 46 a - c).

Im Hinblick auf praktische Verwendung empfiehlt es sich jedoch für  $\mu_s \cdot \beta_s$  einen Mindestwert festzulegen, was im vorliegenden Fall durch  $\mu_s \cdot \beta_s \approx 5,0$  geschehen sollte. Bei BSt 42/50 entspricht dieser Forderung ein Mindestschubbewehrungsgrad von 10,12 %. Die in dieser Weise festgelegte Mindestbügelbewehrung reicht vermutlich auch aus, um die Tragfähigkeit zutreffend zu ermitteln, wenn Bügel und aufgebogene Eisen zusammen verwendet werden (vgl. Versuche von Khan).

Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit der Stegbewehrung ist die Einhaltung eines Mindestabstandes in Richtung der Tragwerkslängsachse. Wird dieser überschritten, so besteht die Möglichkeit, daß zwischen den Schubbewehrungselementen schräggeneigte Risse entstehen, ohne einen Bewehrungsstab zu kreuzen.

Kani [59] führte eine größere Anzahl von Versuchen durch und folgerte hieraus, daß die Tragfähigkeit bereits bei einer geringen Anzahl von Bügeln günstig beeinflusst wird, wenn diese an der richtigen Stelle angeordnet werden. Bei der Nachrechnung (Gl. 4.17) fiel jedoch auf, daß die erzielten Tragfähigkeiten größtenteils bereits von den entsprechenden nicht stegbewehrten Balken aufgebracht werden. Der Einfluß der Bügel war somit gering, oder aber zufallsbedingt. Diese Versuche wurden deshalb nicht in die Untersuchung miteinbezogen.

Die in dieser Arbeit ausgewerteten Versuche wurden vorwiegend

mit Bügelabständen  $s \leq h$  durchgeführt. Geht man von einem idealisierten Schubriß entsprechend max. Druckstrebenneigung von  $45^\circ$  aus, so ist bei einem Verhältnis  $s/h = 1,0$  und  $\beta = 90^\circ$  stets ein Riß zwischen den Schubbewehrungselementen möglich. Tatsächlich verlaufen die Risse gewöhnlich flacher, so daß bei  $s/h \geq 1,0$  kein plötzlicher Tragfähigkeitsabfall eintritt (vgl. Bilder 47 a - b). Für eine wirklichkeitsnahe Berechnung empfiehlt es sich u.U., die Schubbewehrung nur bis zu einem maximalen Abstand von  $s/h = 0,75$  voll in Rechnung zu stellen und bei  $s/h \geq 1,0$  die Schubbewehrung nicht mehr zu berücksichtigen. Placas und Regan [60] empfehlen ebenfalls, den Bewehrungsabstand nach oben auf  $0,75 h$  zu begrenzen. Ist die Schubbewehrung flacher geneigt, so kann der Mindestabstand entsprechend vergrößert werden. Für unter  $45^\circ$  geneigte Stegbewehrung ergibt sich dementsprechend volle Tragfähigkeit bis zu einem Verhältnis  $s/h \leq 1,5$ . Bei  $s/h \geq 2,0$  sollte der Tragfähigkeitszuwachs  $\tau_{u1}$  auch hier zu Null gesetzt werden.

### 5.3.3 Schubschlankheit bzw. Balkenschlankheit

Aus der Diskussion der Bruchmechanismen (Abschnitt 3) erkennt man, daß mit kleiner werdender Schubschlankheit ein Versagen des Betons maßgebend für das Eintreten des Bruches ist, da die Tragfähigkeit der stark geneigten "Sprengwerkstäbe" bzw. die Tragfähigkeit des Druckgurtes auch durch Anordnung von Stegbewehrung nicht mehr weiter gesteigert werden kann. Aus Bild 48 a ist zu ersehen, daß die bezogene Tragfähigkeit ab einer Schubschlankheit  $a/h \leq 3,0$  zunehmend kleiner wird. Es muß davon ausgegangen werden, daß bei durch Einzellasten belasteten Balken für die Schubschlankheit  $a/h \leq 1,5$  ein Tragfähigkeitszuwachs infolge Stegbewehrung kaum noch entsteht. Die Gewinnung empirischer Zusammenhänge erfolgte innerhalb dieser Grenzwerte. Der Einfluß der Schubschlankheit ergibt sich hieraus, wie in Abschnitt 4.5 bereits wiedergegeben.

Deutliche Grenzen können bei durch Gleichlast belasteten Balken mangels entsprechender Versuche nicht festgestellt werden (vgl. Bild 48 b). Nur unter Annahme einer Relation zwischen

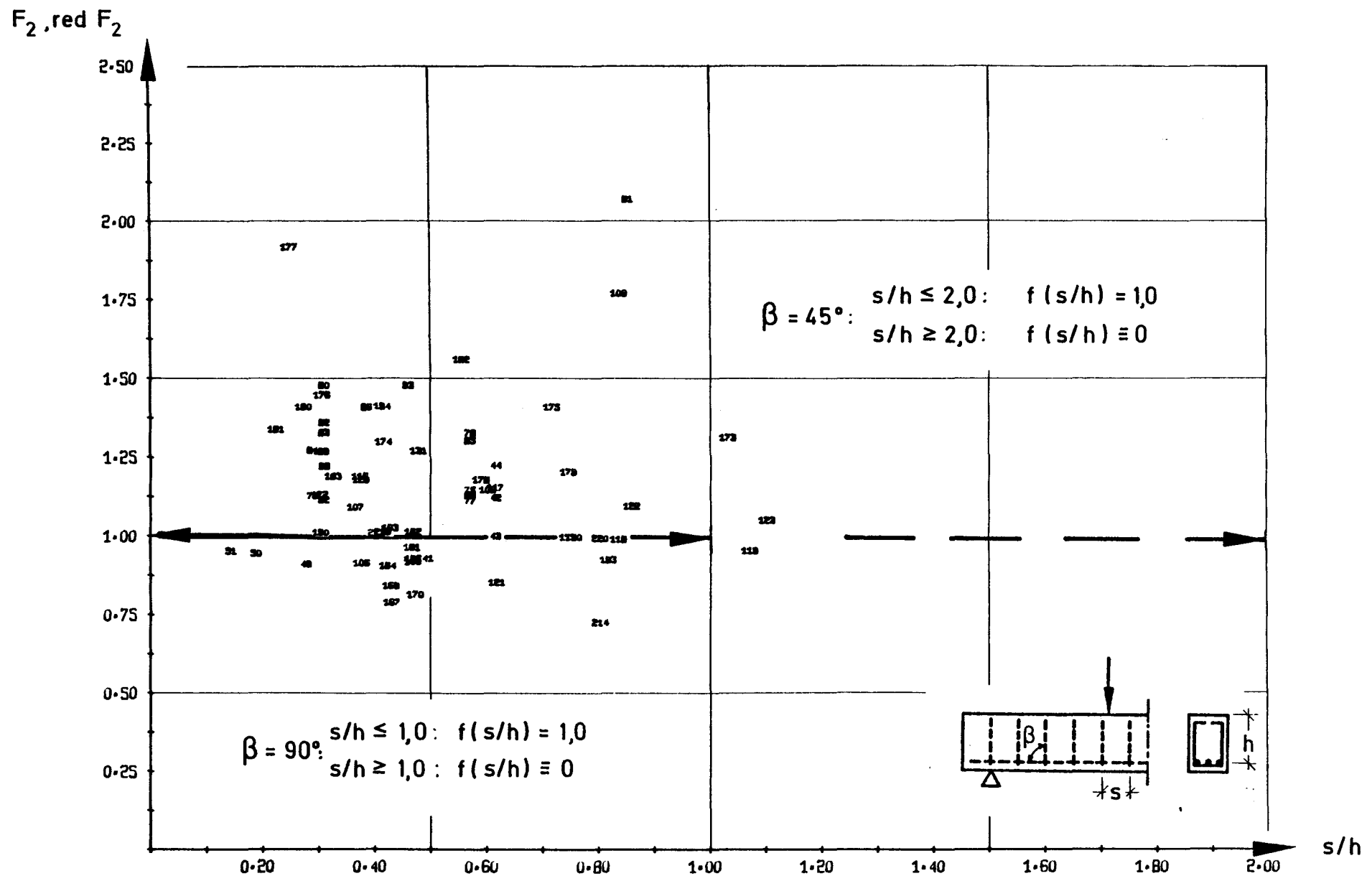


Bild 47a : Einfluß von  $s/h$  auf  $\tau_{u1}$  , Versuchsbalken : Tafel 4 - Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV}-\tau_{u0}) \leq 1,5$

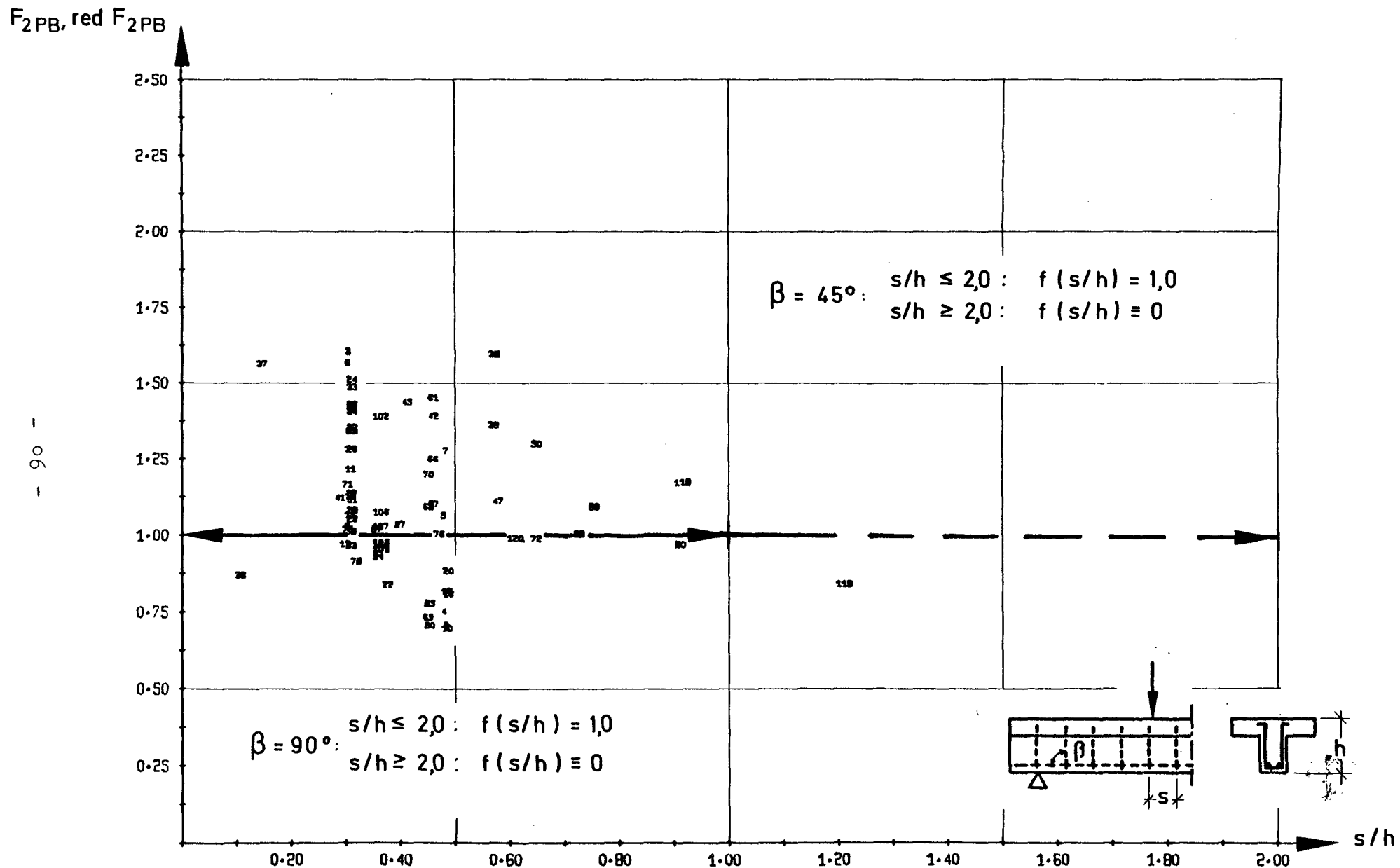


Bild 47b: Einfluß von  $s/h$  auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken: Tafel 6 - Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV} - \tau_{u0}) \leq 1,5$

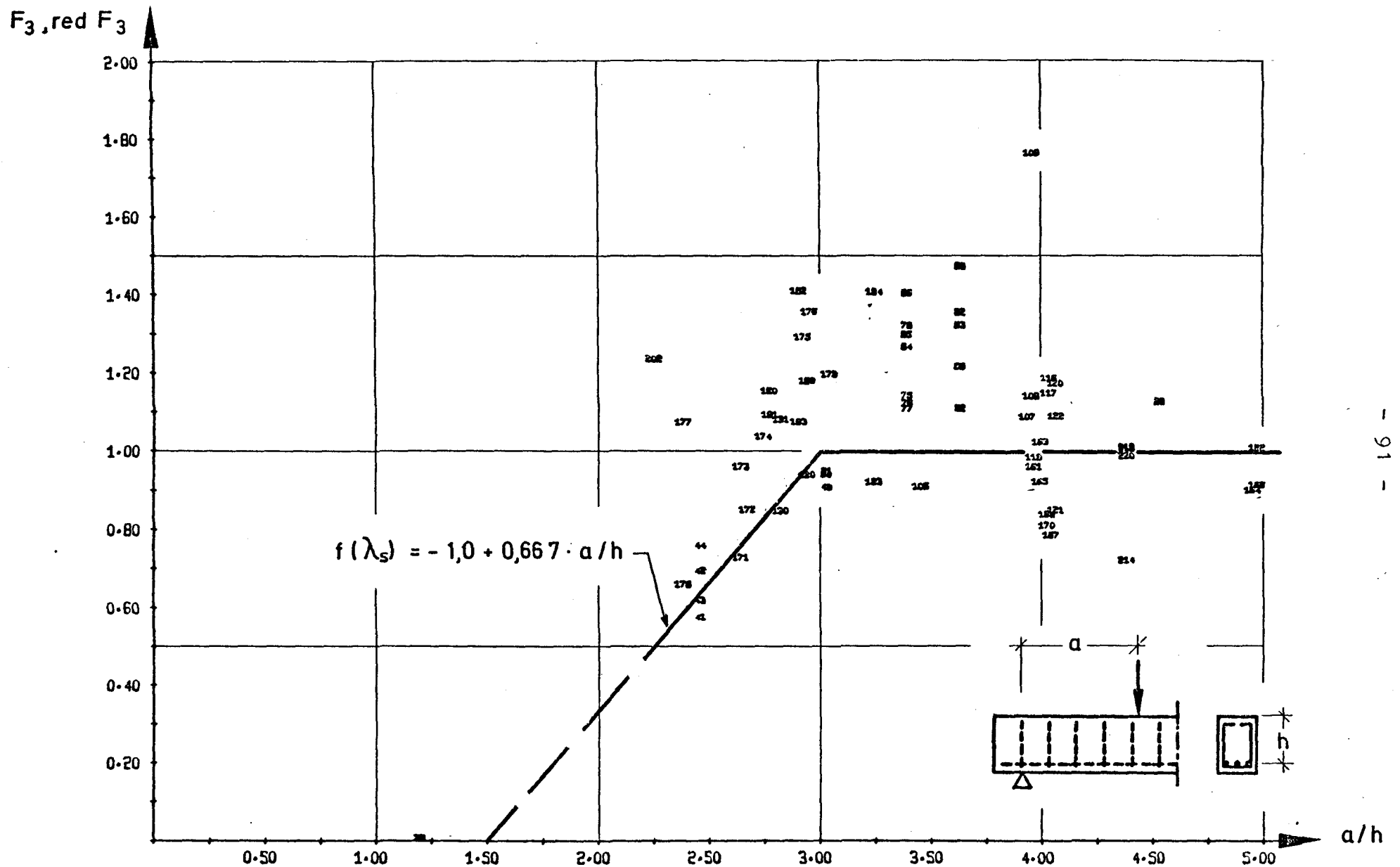


Bild 48a: Einfluß der Schubslankheit auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken: Tafel 4 – Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uy}-\tau_{u0}) \leq 1,5$

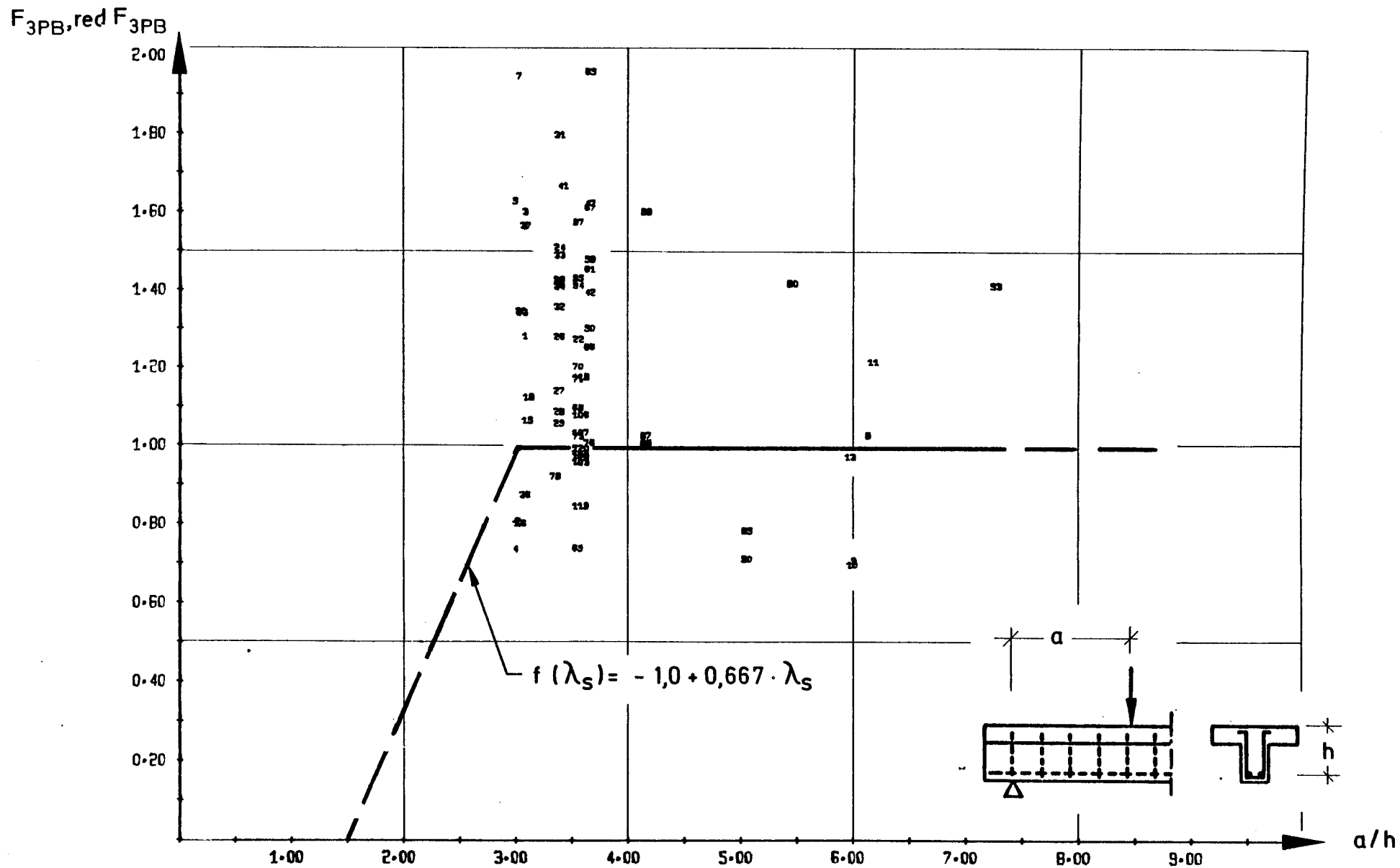


Bild 48 b: Einfluß der Schubslankheit, Versuchsbalken: Tafel 6 - Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV} - \tau_{u0}) \leq 1,5$



Schubslankheit  $\lambda_s$  und Balkenschlankheit wie bei Balken ohne Schubbewehrung wird hier näherungsweise ähnliches Verhalten zugrunde gelegt.

#### 5.3.4 Nutzhöhe

Die Schubtragfähigkeit von Balken ohne Schubbewehrung wird mit zunehmender Balkenhöhe herabgesetzt. Ursache dieser Tragfähigkeitsminderung sind die größeren Rißbreiten in Stegmitte hoher Balken, was durch Anordnung von Schubbewehrung in geringem Abstand günstig verändert wird. Mit zunehmender Balkenhöhe wächst die Steifigkeit eines Balkens an. Die Zugspannungen sind bei gleicher Beanspruchung geringer als bei Balken niedriger Höhe. Durch die Schubbewehrung kann dieser günstige Einfluß auch nach der Rißbildung ausgenutzt werden, da die Rißbreiten kleiner gehalten werden. Hierdurch kann ein größerer Anteil an Querkraft durch Rißverzahnung übertragen werden, wobei die Schubbewehrung zusätzlich entlastet wird.

Leonhardt und Walter [52] stellten bei ihren experimentellen Untersuchungen an schubbewehrten Balken ebenfalls fest, daß die Schubtragfähigkeit mit wachsender Höhe zunimmt. Sie führten dies darauf zurück, daß bei kleinen Balkenhöhen die Verankerung der Stegbewehrung vorwiegend durch Haken erfolgt. Bei Beanspruchung der Haken treten Schlupfwege auf, die erhöhte Rißbreiten in Stegmitte zulassen. Mit ansteigender Balkenhöhe werden die Haken zunehmend geringer beansprucht, da ein großer Teil der zu verankernden Kraft über Verbundspannungen längs der Bügelschenkel abgegeben wird. Diese Hypothese wird durch die abklingende Tendenz des Tragfähigkeitszuwachses untermauert.

Obwohl der Einfluß der Nutzhöhe von schubbewehrten und nicht schubbewehrten Biegetragwerken eine gegenläufige Tendenz zeigt, erscheint es dennoch sinnvoll, den Abminderungsfaktor  $f(h)$  in  $\tau_{u0}$  beizubehalten, da ja der geringere Einfluß der Längsbewehrung auf die Rißbildung in Stegmitte hoher Balken durch die Stegbewehrung nicht verändert wird. Sie trägt nur dazu bei, daß diese Tragfähigkeitsreserve je nach Schubbewehrungsgrad  $\mu_s \cdot \beta_s$  aktiviert wird.

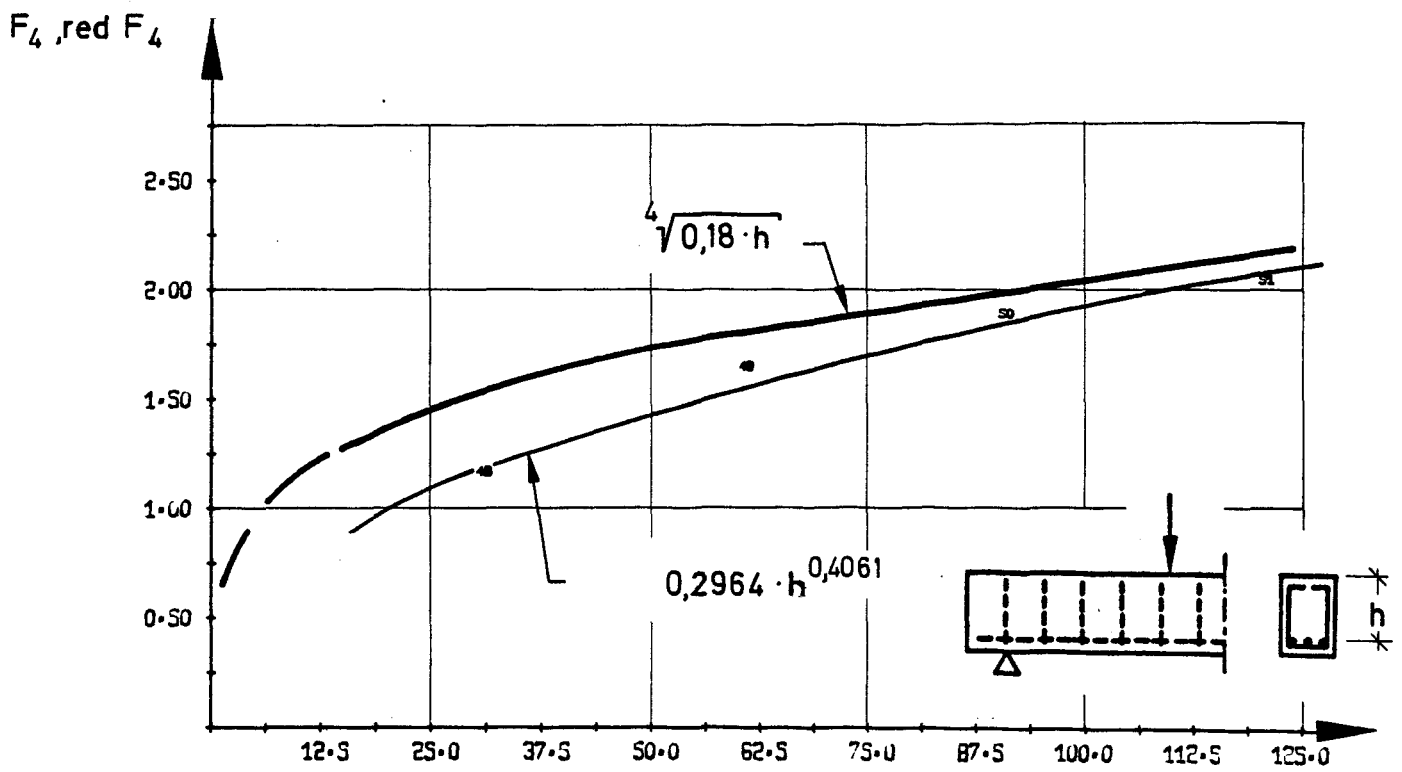


Bild 49 : Einfluß der Nutzhöhe auf  $\tau_{u1}$   
Versuchsbalken von Bhal : Tafel 4

In Bild 49 ist für die vier Versuche von Bhal [19] an Balken mit deutlich unterschiedlicher Nutzhöhe  $h$  die Abhängigkeit der Schubspannung  $\tau_u$  von  $h$  aufgetragen. Eine Regressionsanalyse erbrachte den angegebenen empirischen Zusammenhang als eine erste Näherung. Nach Hinzuziehung weiterer Versuche ergab sich beste Übereinstimmung von experimentellen und rechnerischen Schubspannungen bei Zugrundelegung der Beziehung

$$\tau_{u1} = c \cdot \sqrt[4]{0,18 \cdot h} \quad (5.20)$$

Da die überwiegende Anzahl der ausgewerteten Versuche im Bereich  $h < 30$  cm liegt, bedarf der vorausgesetzte Kurvenverlauf weiterer experimenteller Bestätigung im Bereich  $h \geq 30$  cm.

#### 5.3.5 Querschnittsform

Bei der Ermittlung der Schubtragfähigkeit nicht schubbewehrter Balken wurden die Ursachen einer Tragfähigkeitssteigerung infolge einer Druckplatte bei T-Querschnitten diskutiert. Im wesentlichen stellte sich die günstige Wirkung einer Vergrößerung der Druckzone und dadurch die Erhöhung der Schubtragfähigkeit heraus. Da jedoch nicht schubbewehrte Balken bei  $a/h \geq 3,0$  einen unangekündigten Schubbruch erleiden, wurde diese Tragreserve dort nicht berücksichtigt.

Zsutty [61] schlug vor, beidseitig des Steges einen Plattenabschnitt der Breite  $t$  als mittragend anzusetzen und den durch den Beton abgetragenen Anteil der Querkraft nach der Gleichung

$$V = v(b \cdot h + 2 \cdot t^2)$$

zu ermitteln. Hierbei bezeichnet  $v$  die empirisch bestimmte Tragfähigkeit des Betonteils analog zu  $\tau_{u0}$ . Placas und Regan [23] sowie Leonhardt [63] vertreten ebenfalls die Meinung, daß sich ein Teil der Platte, der unmittelbar an den Steg angrenzt, anteilmäßig an der Abtragung der Schubkraft beteiligt. Bereits bei Anordnung einer vergleichsweise geringen Stegbewehrung kann dieser Tragfähigkeitszuwachs nahezu unabhängig von der Größe  $\mu_s$   $\beta_s$  aktiviert werden. Es erscheint daher angebracht, die

höhere Tragfähigkeit - obwohl diese durch Anordnung einer entsprechenden Schubbewehrung erzielt wird - , an der richtigen Stelle zu berücksichtigen und somit in  $\tau_{u0}$  einzubeziehen.

Gute Übereinstimmung von Rechnungs- und Versuchsergebnissen ergab sich bei Vergrößerung der Tragfähigkeit  $\tau_{u0}$  mit dem Faktor  $(1 + 0,9 \frac{t}{b})$ . Bild 50 bestätigt diese Abhängigkeit in etwa. Aus dem Ergebnis kann geschlossen werden, daß unter den bei den Versuchen vorliegenden Bedingungen sich insgesamt nur ein Plattenstreifen geringer Breite an der Schubabtragung beteiligt.

Es ist zu erwarten, daß bei kleineren Schubslankheiten der Einfluß der Druckplatte infolge Sprengwerkwirkung geringer wird. So lange keine weiteren Versuche mit kleineren Schubslankheiten vorliegen, muß der Zuwachs auf Schubslankheiten  $a/h \geq 3,0$  bzw.  $l/h \geq 12,0$  beschränkt werden.

Bei keinem der überprüften Versuche lag das Verhältnis  $t/h < 0,15$ . Es ist nicht auszuschließen, daß bei Balken mit sehr dünnen Platten obige Annahme zu einer u.U. erheblichen Tragfähigkeitsüberschätzung führen kann. Deshalb sollte  $t/h \geq 0,15$  als Zusatzbedingung gestellt werden.

Es muß außerdem darauf hingewiesen werden, daß bei den ausgewerteten Versuchen das Verhältnis Plattenbreite/Stegbreite in den meisten Fällen  $\geq 2,0$  war. Mangels entsprechender Versuchsdaten in anderen geometrischen Bereichen kann die Gültigkeit der gewonnenen empirischen Zusammenhänge nur unter Einhaltung dieser Bedingung unterstellt werden.

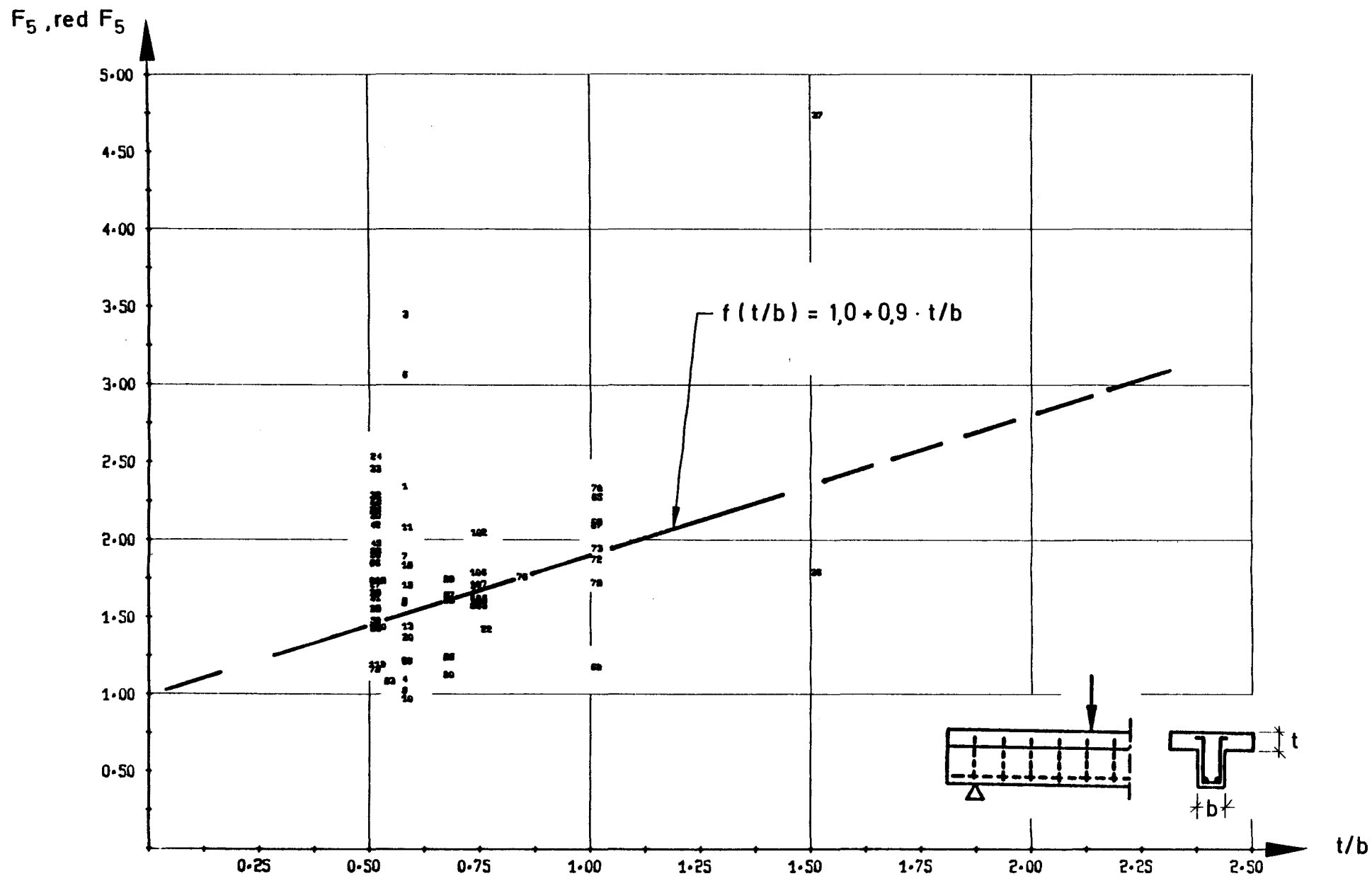


Bild 50 : Einfluß von  $t/b$  auf  $\tau_{u1}$ , Versuchsbalken : Tafel 6 – Versuche mit  $\tau_{u0}/(\tau_{uV}-\tau_{u0}) \leq 1,5$

### 5.3.6 Verankerung der Schubbewehrung

Bei Diskussion der Funktion  $f(h)$  wurde bereits darauf hingewiesen, daß Verankerungen mit Haken infolge Vergrößerung des Bügelschlupfes u.U. zu größeren Rißbreiten und geringeren Tragfähigkeiten führen. Einige [29,30,31,11] Versuche wurden mit verschweißter Stegbewehrung durchgeführt. Es zeigte sich hierbei, daß die Tragfähigkeit der Schubbewehrung im Vergleich zu Verankerungen mit Haken überproportional wächst und eine etwa 50 % höhere Tragfähigkeit ergibt. Die erhöhte Tragfähigkeit kann z.T. auch darauf zurückgeführt werden, daß sich die durch Verschweißung der Bügelschenkel entstehende Umschnürung festigkeitssteigernd auf die Druckzone auswirkt..

### 5.3.7 Erfassung der Bruchart Schrägdruckbruch

Die Brucharten Scherbruch, Schubdruckbruch und Schrägzugbruch lassen sich durch Einbeziehung der Parameter Schubschlankheit bzw. Schlankheit bei der Tragfähigkeitsbestimmung zutreffend erfassen. Nachfolgend wird die vierte Bruchart "Schrägdruckbruch" untersucht und abgegrenzt.

Durch Gl. (4.13) wird für  $\tau_{u1} \geq \tau_{u0}$  der Wirkungsgrad der Schubbewehrung zunehmend abgemindert. Auf diese Weise kann ein kontinuierlicher Übergang zum Schrägdruckbruch hergestellt werden: Die Tragfähigkeit der durch Bruch der "geneigten Druckstreben" versagenden Biegebalken konnte durch Gl. (4.13) ohne zusätzliche Bedingung zufriedenstellend approximiert werden, sofern die Schubbewehrung vertikal angeordnet war (Versuche von [38] und [23], Tafel 7). Bei einem Neigungswinkel der Bewehrung von  $\beta = 45^\circ$  wird die Tragfähigkeit jedoch unterschätzt, da der günstige Einfluß einer geneigten Schubbewehrung auf die Druckstrebenbeanspruchung (vgl. Abschnitt 6.2) nicht in die empirische Gleichung eingeht. Experimentell ergibt sich gegenüber  $\beta = 90^\circ$  eine um den Faktor 1,5 erhöhte Schubtragfähigkeit.

Bei Auswertung der Versuche zeigte sich somit, daß die durch Schrägdruckbruch bestimmte, im wesentlichen von der Betonfestigkeit abhängende Tragfähigkeitsgrenze bei den betrachteten Versuchen u.U. noch nicht erreicht war, da die Tragfähigkeit ohne Grenzbedingung unabhängig von der Betongüte nach Gl. (4.13) ermittelt werden konnte. Bei Verdoppelung des Schubbewehrungsgehalts im Versuchsbalken T1 von Leonhardt und Walther [38] ließe sich nach Gl. (4.13) ein weiterer Tragfähigkeitszuwachs von 15 % erzielen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß dies möglich wäre, doch muß vorerst dieser experimentell nicht gesicherte Bereich ausgeschlossen werden. Die Tragfähigkeit wird deshalb in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit begrenzt, wobei davon ausgegangen wird, daß bei den Versuchen von [38] und [23] die maximale Tragfähigkeit bereits erreicht wurde.

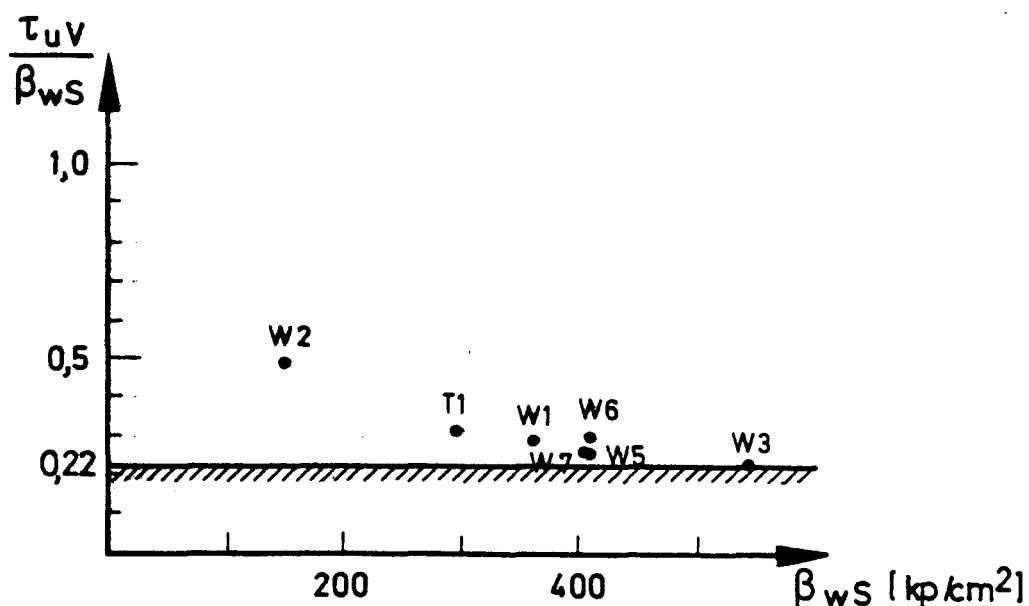


Bild 51 Einfluß der Betondruckfestigkeit auf die Schubtragfähigkeit von stark schubbewehrten Plattenbalken, die durch Schrägdruckbruch versagten (Tafel 6)

Aus Bild 51 kann wegen der vergleichsweise geringen Anzahl entsprechender zur Verfügung stehender Versuche keine klare Tendenz abgelesen werden. Die Tragfähigkeitsgrenze wird deshalb konservativ für alle Betongüten mit

$$\max \tau_u \leq 0,22 \beta_{ws}$$

(5.21)

angesetzt. Für Neigungswinkel der Bewehrung von  $\beta = 45^\circ$  kann entsprechend dem Stuttgarter Versuch T2 [38] die Tragfähigkeit mit dem Faktor 1,5 vervielfacht werden. Zwischenwerte  $45^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$  können linear interpoliert werden.



6. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Gaston, J.R., Siess, C.P., und Newmark, N.M. :  
An Investigation of the Load-Deformation Characteristics  
of Reinforced Concrete Beams,  
University of Illinois, Structural Research Series  
No. 4 C, 1952
  
- [2] Laupa, A., Siess, C.P., und Newmark, N.M. :  
The Shear Strength of Simple-Span Reinforced Concrete  
Beams without Web Reinforcement,  
University of Illinois, Structural Research Series  
No. 52, 1953
  
- [3] Moody, K., Viest, I., Elstner, R., und Hognestad, E. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Beams,  
ACI Journal Dez. 1954, Jan., Febr. und März 1955
  
- [4] Feldmann, A., und Siess, C.P. :  
Effect of Moment Shear Ratio on Diagonal Tension ,  
Cracking and Strength in Shear of Reinforced Concrete  
Beams,  
University of Illinois, Structural Research Series  
No. 107, 1955
  
- [5] Bernander, K. :  
An Investigation of the Shear Strength of Concrete  
Beams without Stirrups or Diagonal Bars,  
Rilem Symposium - Stockholm, Vol. 1, 1957
  
- [6] Morrow, J. und Viest, I. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Frame Members  
without Web Reinforcement,  
ACI Journal März 1957

- [7] Taylor, R. :  
Some Shear Tests on Reinforced Concrete Beams without  
Shear Reinforcement,  
Magazine of Concrete Research (London),  
Vol. 12, No. 36, Nov. 1960
- [8] Cossio, R. Diaz de, und Siess, C.P. :  
Behaviour and Strength in Shear of Beams and Frames  
without Web Reinforcement,  
ACI Journal Februar 1960
- [9] Hanson, J.A.:  
Tensile Strength and Diagonal Tension Resistance of  
Structural Light-Weight Concrete,  
ACI Journal Juli 1961
- [10] Leonhardt, F., und Walther, R. :  
Schubversuche an einfeldigen Stahlbetonbalken mit und  
ohne Schubbewehrung,  
DAfStb, Heft 151, 1962
- [11] Rüschi, H., Haugli, F.R., und Mayer, H. :  
Schubversuche an Stahlbeton-Rechteckbalken mit gleich-  
mäßig verteilter Belastung,  
DAfStb, Heft 145, 1962
- [12] Van den Berg, F.J. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Beams without  
Web Reinforcement,  
ACI Journal Oktober, November und Dezember 1962
- [13] Cossio, R. Diaz de :  
Diskussionsbeitrag zu : Shear and Diagonal Tension,  
ACI Journal September 1962

- [14] Bresler, B., und Scordelis, A.C. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Beams,  
ACI Journal Januar 1963
  
- [15] Mathey, R.G. und Watstein, D. :  
Shear Strength of Beams without Web Reinforcement  
Containing Deformed Bars of Different Yield Strengthes,  
ACI Journal Februar 1963
  
- [16] Archarya, D.N., und Kemp, K.O. :  
Significance of Dowel Forces on the Shear Failure of  
Rectangular Reinforced Concrete Beams without Web  
Reinforcement,  
ACI Journal Oktober 1965
  
- [17] Krefeld, W.J., und Thurston, C.W. :  
Studies of the Shear and Diagonal Tension Strength of  
Simply Supported Reinforced Concrete Beams,  
ACI Journal April 1966
  
- [18] Kani, G.N.J. :  
How Safe are our large reinforced Concrete Beams?  
ACI Journal März 1967
  
- [19] Bhal, N.S. :  
Über den Einfluß der Balkenhöhe auf die Schubtrag-  
fähigkeit von einfeldigen Stahlbetonbalken mit und ohne  
Schubbewehrung,  
Schriftenreihe des Otto-Graf-Institutes, Universität  
Stuttgart, Heft 35
  
- [20] Al-Alusi, A.F. :  
Diagonal Tension Strength of Reinforced Concrete  
T-Beams with Varying Shear Span,  
ACI Journal Mai 1957

- [21]       Ferguson, P.M., und Thompson, J.N. :  
          Diagonal Tension in T-Beams without Stirrups,  
          ACI Journal März 1953
  
- [22]       Guralnick, S.A. :  
          High Strength Deformed Steel Bars for Concrete  
          Reinforcement,  
          ACI Journal September 1960
  
- [23]       Placas, A. und Regan P.E.:  
          Shear Failure of Reinforced Concrete Beams,  
          ACI Journal Oktober 1971
  
- [24]       Clark, A.P. :  
          Diagonal Tension in Reinforced Concrete Beams  
          ACI Journal Oktober 1951
  
- [25]       Regan, P.E. :  
          Combined Shear and Bending of Reinforced Concrete  
          Members,  
          Ph. D. Thesis, Imperial College, London 1967
  
- [26]       Johnston, B. und Cox, K.C. :  
          High Yield-Point Steel as Tension Reinforcement in  
          Beams,  
          ACI Journal September 1936
  
- [27]       Petersson, T. :  
          Shear Strength of Reinforced Concrete Rectangular  
          and T-Beams,  
          Statens Rod for Byggnadsforskning Report 111, Stockholm  
          1964
  
- [28]       Sunderland A. :  
          Shear Tests of Reinforced Concrete Beams,  
          Ph. D. Thesis,  
          University of Leeds, 1947

- [29] Moretto, O. :  
An Investigation of the Strength of Welded Stirrups  
in Reinforced Concrete Beams,  
ACI Journal 1945
- [30] Adepegba, D. :  
A Theory of Failure for Reinforced Concrete Beams with-  
out Web Reinforcement  
Subject to Bending and Shear,  
Ph. D. Thesis,  
University of Leicester 1966
- [31] Leksukhum, K. und Smith, R.B.L. :  
Comparative Study of Bent-up Bars with other Forms of  
Secondary Reinforcement in Beams,  
ACI Journal Januar 1971
- [32] Wehr, K.E. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Beams,  
Purdue University, Lafayette, Indiana, Februar 1967
- [33] Regan, P.E. :  
Shear in Reinforced Concrete - an Experimental Study,  
Technical Note No. 45, Construction Industry Research  
and Information Association, London, April 1971
- [34] Mitra, A. :  
Effect of Shear on Moment-Rotation  
Characteristics of Continuous Beams, Ph. D. Thesis,  
University of London, 1971
- [35] Alatorre, G. und Casillas, J. :  
Shear Strength Behaviour of Concrete Beams Subjected to  
Alternate Loads,  
RILEM Symposium on the Effects of Repeated Loading of  
Materials and Structures Vol. IV, Mexico City, Sept. 1966

- [36] Wilby, C.B. :  
The Strength of Reinforced Concrete Beams in Shear,  
Ph. D. Thesis, University of Leeds, 1949
  
- [37] Ojha, S.K. :  
Schubtragfähigkeit von Stahlbetonrechteckbalken unter  
gleichmäßig verteilter Belastung,  
Die Bautechnik, Heft 4, 1975
  
- [38] Leonhardt, F. und Walther, R. :  
Versuche an Plattenbalken mit hoher Schubbeanspruchung,  
DAfStb, Heft 152, 1962
  
- [39] Hamadi, Y. und Regan, P.E. :  
Unpublished Tests  
Polytechnic of Central London, 1975
  
- [40] Khan, M.H. :  
Shear Strength of Reinforced Concrete Beams  
Reinforced with Bent-up Bars  
M. Phil. Thesis, University of London, 1969
  
- [41] Taylor, R. :  
Some Shear Tests on Reinforced Concrete T-Beams with  
Stirrups  
Magazine of Concrete Research, Vol. 18, No. 57  
Dezember 1966
  
- [42] Sørensen, H.C. :  
Forskydningsforsøg med 12 jernbetonbjælker med T-tvaer-  
snitt,  
Report Nr. R 20 : 1971  
Afdelingen for Baerende Konstruktioner,  
Danmarks Tekniske Højskole, Copenhagen 1971

- [43] Özden, K. :  
An Experimental Investigation on the Shear Strength  
of Reinforced Concrete Beams,  
Faculty of Civil Engineering, Technical University of  
Istanbul, 1967
- [44] Clausen, G. :  
Alternativ udformning af forskydningsarmering i jern-  
betonbjælker,  
Sag nr. 5/73, Danmarks Tekniske Højskole,  
Lyngby, 1973
- [45] Fenwick, R.C. :  
The Shear Strength of Reinforced Concrete Beams  
Ph. D. Thesis, University of Canterbury,  
Christchurch, New Zealand, 1966
- [46] Chang, T.S. und Kesler, C.E. :  
Static and Fatigue Strength in Shear of Beams with  
Tensile Reinforcement  
ACI Journal Juni 1958
- [47] Dilger, W.H. :  
Erfassung und Verwertung der Forschungserkenntnisse auf  
dem Gebiet der Schubtragfähigkeit von Stahl- und Spann-  
betontragwerken,  
Vorläufiger Bericht vom 20. Februar 1974
- [48] Hognestad, E. :  
What do we know about Diagonal Tension and Web Rein-  
forcement in Concrete?  
Circular Series No. 64, University of Illinois,  
Engineering Experiment Station, 1952

- [49] Kani, G. :  
Was wissen wir heute über die Schubbruchsicherheit?  
Der Bauingenieur, Heft 5, 1968
- [50] Regan, P.E. :  
A Review of Clauses on Shear in Reinforced Concrete,  
International CEB/FIP Recommendations  
(3<sup>rd</sup> Edition)
- [51] Leonhardt, F. und Walther, R. :  
Schubversuche an Plattenbalken mit unterschiedlicher  
Schubbewehrung,  
DAfStb, Heft 156, 1963
- [52] Ojha, S.K. :  
Über die Schubtragfähigkeit von Stahlbeton- und Spann-  
beton-Rechteckbalken mit einer oder zwei Einzellasten,  
Dissertation, TH Hannover, 1965
- [53] Acharya, D.N. und Kemp, K.O :  
Significance of Dowel Forces on the Shear Failure of  
Rectangular Reinforced Concrete Beams without Web  
Reinforcement  
ACI Journal, Oktober 1965
- [54] Swamy, R.N. und Andriopoulos, A.D. :  
Contribution of Aggregate Interlock and Dowel Forces  
to the Shear Resistance of Reinforced Beams with Web  
Reinforcement,  
Publication SP - 42, Vol. 1, ACI, Detroit
- [55] Taylor, H.P.J. :  
The Fundamental Behaviour of Reinforced Concrete Beams  
in Bending and Shear,  
Publication SP - 42, Vol. 1, ACI, Detroit



- [56] Taub, J. und Neville, A.M. :  
Resistance to Shear of Reinforced Concrete Beams  
ACI Journal, 1960
  
- [57] Leonhardt, F. , Walther, R. und Dilger, W. :  
Schubversuche an Durchlaufträgern  
DAfStb Heft 163, 1964
  
- [58] Kani, G.N.J. :  
A Rational Theory for the Function of Web Reinforcement,  
ACI Journal, März 1969
  
- [59] Placas, A. und Regan, P.E. :  
Collapse and Serviceability Criteria in Shear,  
Comité Européen du Béton, Commission "Effort Tranchant",  
März 1971
  
- [60] Zsutty, T.C. :  
Unpublished Memorandum to Reinforced Concrete Research  
Council, Mai 1972, gemäß [61]
  
- [61] The Shear Strength of Reinforced Concrete Members,  
Journal of the Structural Division, Juni 1973
  
- [62] Leonhardt, F. :  
Shear and Torsion in Prestressed Concrete, Lecture,  
Session IV, VI FIP Congress, Prag, Tschechoslowakei 1970
  
- [63] Godycki-Cwirko, T. :  
Schubprobleme im Stahlbetonbau,  
VDI Verlag, Düsseldorf 1973
  
- [64] Rafla, K. :  
Empirische Formeln zur Berechnung der Schubtragfähigkeit  
von Stahlbetonbalken,  
Straße, Brücke, Tunnel, Heft 12, 1971

- [65] Losberg, A. :  
Discussion Notes and Proposals to the CEB - FIP  
Reccomendations, Chapter R 43.1 , Resistance to  
Shear Force,  
Publication 74: 1, Chalmers Tekniska Högskola,  
Institutionen för Konstruktionsteknik,  
Betonbyggnad, Göteborg Februar 1974
- [66] Hedman, O. und Corberg, A. :  
Design of Concrete Structures with Regard to Shear  
Forces,  
Publication 75: 9 E, Chalmers Tekniske Högskola,  
Institutionen för Konstruktionsteknik,  
Betonbyggnad, Göteborg 1975

## 7. Anhang

### 7.1 Übersicht

Tafel 1	:	Rechteckbalken ohne Schubbe- wehrung - Einzellast
Tafel 2	:	Rechteckbalken ohne Schubbe- wehrung - Gleichlast
Tafel 3	:	Plattenbalken ohne Schubbe- wehrung, Einzellast
Tafel 4	:	Rechteckbalken mit Schubbe- wehrung, Einzellast
Tafel 5	:	Rechteckbalken mit Schubbe- wehrung, Gleichlast
Tafel 6	:	Plattenbalken mit Schubbe- wehrung, Einzellast
Tafel 7	:	Plattenbalken mit Schubbe- wehrung, Gleichlast

### 7.2 Legende

A :	Abstand zwischen Last und Auflager
A/H:	Schubslankheit
BETA:	Neigungswinkel der Schubbewehrungs- elemente
B:	Versuchskörperbreite
BETAS:	Streckgrenze der Biegezugbewehrung
BETAC:	Zylinderserienfestigkeit
BETAW:	Würfelserienfestigkeit
BPL:	Plattenbreite
D:	Versuchskörperhöhe
FE:	Querschnitt der Biegezugbewehrung
H:	Nutzhöhe
L:	Stützweite
LA:	Lastart : $\left[ \begin{array}{l} 1 \hat{=} \text{Eine Einzellast} \\ 2 \hat{=} \text{Zwei Einzellasten} \\ \text{GL} \hat{=} \text{Gleichlast} \end{array} \right.$
L/H:	Versuchskörperslankheit
MUEL:	Biegezugbewehrungsgrad [%]

MUESBS:	Schubbewehrungsgrad x Streckgrenze der Schubbewehrung
S/H:	Abstand der Schubbewehrungs- elemente/Nutzhöhe
TPL:	Plattendicke
TAUO:	Schubtragfähigkeit ohne Schub- bewehrung
TAU1:	Max. Schubtragfähigkeit infolge Schubbewehrung
TAUR:	Rechn. Schubtragfähigkeit mit Schubbewehrung
TAUV:	Schubtragfähigkeit nach Versuchs- ergebnis

### 7.3      Tafeln

TAFEL 1, RECHTECKALKEN OHNE SCHUBREWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL ‰	BETAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUD KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	VERH
1	[1]	T2 MA	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	304		5.62	1.38	3350	11.4	13.0	1.14
2	1	T2 MB	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	283		5.62	1.38	3400	12.4	12.6	1.01
3	1	T2 MC	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	314		7.73	1.90	3290	15.9	14.8	0.93
4	[2]	S1	15.2	30.4	27.0	296.0	129.8	4.80	1	277		5.99	1.46	3140	10.6	12.0	1.13
5	2	S2	15.2	30.4	26.8	274.0	121.8	4.54	1	274		5.94	1.46	3140	12.1	12.1	1.00
6	2	S3	15.2	30.4	26.5	274.0	121.8	4.59	1	329		10.15	2.52	4180	15.4	15.9	1.03
7	2	S4	15.2	30.4	26.4	274.0	121.8	4.61	1	314		12.88	3.21	3140	16.1	16.9	1.05
8	2	S5	15.2	30.4	26.2	274.0	121.8	4.64	1	304		16.36	4.11	3220	14.6	18.1	1.24
9	2	S9	15.2	30.4	27.2	274.0	121.8	4.47	1	151		3.84	0.93	3130	7.2	7.7	1.07
10	2	S10	15.2	30.4	26.8	274.0	121.8	4.54	1	160		5.66	1.39	2940	9.8	9.1	0.93
11	2	S11	15.2	30.4	26.7	274.0	121.8	4.56	1	151		7.71	1.90	3340	9.7	9.8	1.01
12	2	S13	15.2	30.4	26.7	274.0	121.8	4.56	1	267		16.68	4.11	3110	14.6	16.9	1.16
13	[3]	A-A1	17.8	30.5	26.2	160.0	80.0	3.05	1	309		10.12	2.17		15.1	16.1	1.07
14	3	A-A2	17.8	30.5	26.7	160.0	80.0	2.99	1	316		10.21	2.15		16.4	16.5	1.00
15	3	A-A3	17.8	30.5	26.8	160.0	80.0	2.98	1	316		10.59	2.22		18.5	16.7	0.90
16	3	A-A4	17.8	30.5	27.0	160.0	80.0	2.96	1	322		11.39	2.37		17.4	17.3	0.99
17	3	A-B1	17.8	30.5	26.7	160.0	80.0	2.99	1	216		7.69	1.62		13.7	12.4	0.90
18	3	A-B2	17.8	30.5	26.8	160.0	80.0	2.98	1	220		7.77	1.63		14.7	12.5	0.85
19	3	A-B3	17.8	30.5	27.0	160.0	80.0	2.96	1	196		7.68	1.60		13.6	11.8	0.87
20	3	A-B4	17.8	30.5	27.1	160.0	80.0	2.95	1	171		8.00	1.66		13.6	11.2	0.82
21	3	A-C1	17.8	30.5	26.8	160.0	80.0	2.98	1	66		3.86	0.81		4.9	5.4	1.11
22	3	A-C2	17.8	30.5	27.2	160.0	80.0	2.94	1	62		4.01	0.83		6.0	5.3	0.89
23	3	A-C3	17.8	30.5	27.3	160.0	80.0	2.93	1	70		3.88	0.80		6.1	5.6	0.93
24	3	A-C4	17.8	30.5	27.4	160.0	80.0	2.91	1	69		3.99	0.82		6.0	5.7	0.95
25	3	B-1	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	374		7.69	1.89		16.6	16.1	0.97
26	3	B-2	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	170		7.69	1.89		10.1	10.8	1.07
27	3	B-3	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	263		7.69	1.89		14.9	13.5	0.90
28	3	B-4	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	157		7.69	1.89		11.5	10.4	0.90
29	3	B-5	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	312		7.69	1.89		14.9	14.7	0.98
30	3	B-6	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	161		7.69	1.89		9.8	10.5	1.07
31	3	B-7	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	314		7.69	1.89		14.6	14.7	1.01
32	3	B-8	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	124		7.69	1.89		9.0	9.2	1.03
33	3	B-9	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	420		7.69	1.89		15.2	17.0	1.12
34	3	B-10	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	244		7.69	1.89		14.1	13.0	0.92
35	3	B-11	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	389		7.69	1.89		17.1	16.4	0.96
36	3	B-12	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	206		7.69	1.89		13.5	11.9	0.88
37	3	B-13	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	384		7.69	1.89		16.0	16.3	1.02
38	3	B-14	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	229		7.69	1.89		12.4	12.6	1.01
39	3	B-15	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	380		7.69	1.89		14.6	16.2	1.11
40	3	B-16	15.2	30.5	26.8	274.0	91.5	3.41	2	166		7.69	1.89		10.9	10.7	0.98

TAFEL 1. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBREWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	VERH
41	[4]	L-1	15.2	30.5	25.2	193.1	50.8	2.01	2	214		12.87	3.36	3100	35.3	29.8	0.84
42	4	L-2	15.2	30.5	25.2	243.9	76.2	3.02	2	220		12.87	3.36	3160	23.0	16.0	0.69
43	4	L-2A	15.2	30.5	25.2	243.9	76.2	3.02	2	374		12.87	3.36	2880	24.5	20.9	0.85
44	4	L-3	15.2	30.5	25.2	291.9	100.2	3.97	2	286		12.87	3.36	3160	16.2	17.0	1.05
45	4	L-4	15.2	30.5	25.2	345.5	127.0	5.03	2	263		12.87	3.36	3100	15.5	15.6	1.01
46	4	L-5	15.2	30.5	25.2	393.5	152.0	6.03	2	285		12.87	3.36	3380	15.2	15.6	1.02
47	4	L-6	15.2	30.5	25.2	447.5	178.0	7.06	2	312		12.87	3.36	3240	14.1	15.6	1.11
48	[5]	A1	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		376	1.88	1.12	6800	14.7	13.7	0.93
49	5	A4	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		376	1.88	1.12	6800	15.0	13.7	0.91
50	5	A2	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		376	1.96	1.17	9230	16.4	13.9	0.84
51	5	A5	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		376	1.96	1.17	9230	14.6	13.9	0.95
52	5	A3	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		356	1.54	0.92	9280	13.7	12.4	0.91
53	5	A6	10.0	20.0	16.8	210.0	70.0	4.16	2		356	1.54	0.92	6800	12.0	12.4	1.04
54	[6]	B14 B2	30.5	40.6	36.8	106.8	35.6	0.96	1	149		20.76	1.85	4750	38.2	45.4	1.18
55	6	B14 F2	30.5	40.9	37.4	106.8	35.6	0.95	1	129		6.50	0.57	4740	28.6	28.6	1.00
56	6	B14 A4	30.5	40.6	36.2	106.8	35.6	0.98	1	230		27.60	2.50	4330	54.0	62.0	1.14
57	6	B14 B4	30.5	40.6	36.8	106.8	35.6	0.91	1	269		21.89	1.85	4130	52.0	61.9	1.19
58	6	B14 E4	30.5	40.6	36.8	106.8	35.6	0.96	1	294		13.91	1.24	4300	53.3	55.8	1.04
59	6	B14 A6	30.5	40.6	35.5	106.8	35.6	1.00	1	463		41.46	3.83	4570	97.0	100.9	1.04
60	6	B14 B6	30.5	40.6	36.8	106.8	35.6	0.96	1	476		20.76	1.85	4630	80.7	81.2	1.00
61	6	B21 B2	30.5	40.6	36.1	142.0	53.3	1.47	1	141		20.47	1.86	4460	25.2	31.6	1.25
62	6	B21 E2	30.5	40.6	37.5	142.0	53.3	1.42	1	115		6.51	0.57	4730	21.5	19.9	0.92
63	6	B21 A4	30.5	40.6	36.8	142.0	53.3	1.44	1	304		27.61	2.46	4120	54.3	51.8	0.95
64	6	B21 B4	30.5	40.6	36.8	142.0	53.3	1.44	1	276		20.76	1.85	4310	43.2	44.9	1.04
65	6	B21 F4	30.5	40.6	36.5	142.0	53.3	1.46	1	347		13.80	1.24	4390	44.3	43.7	0.98
66	6	B21 F4R	30.5	40.6	36.8	142.0	53.3	1.44	1	326		13.91	1.24	4250	45.0	42.7	0.94
67	6	B21 F4	30.5	40.6	37.0	142.0	53.3	1.44	1	321		13.20	1.17	4660	48.3	41.7	0.86
68	6	B21 G4	30.5	40.6	37.3	142.0	53.3	1.42	1	322		6.59	0.58	4770	36.3	33.3	0.91
69	6	B21 A6	30.5	40.6	35.5	142.0	53.3	1.50	1	462		41.46	3.83	4560	62.2	71.6	1.15
70	6	B21 B6	30.5	40.6	37.5	142.0	53.3	1.42	1	464		20.81	1.82	4460	59.0	58.8	0.99
71	6	B28 B2	30.5	40.6	36.2	177.8	71.2	1.96	1	150		20.75	1.88	4800	27.2	19.8	0.73
72	6	B28 E2	30.8	40.6	37.1	177.8	71.2	1.91	1	140		6.51	0.57	4730	13.2	13.6	1.03
73	6	B28 A4	30.5	40.6	36.8	177.8	71.2	1.93	1	280		27.61	2.46	3390	33.4	30.8	0.92
74	6	B28 B4	30.5	40.6	36.8	177.8	71.2	1.93	1	330		20.76	1.85	4500	26.4	30.4	1.15
75	6	B28 E4	30.5	40.6	36.8	177.8	71.2	1.93	1	338		13.91	1.24	4370	27.7	26.9	0.97
76	6	B28 A6	30.8	40.6	35.3	177.8	71.2	2.01	1	481		41.64	3.83	4640	35.9	42.8	1.19
77	6	B28 B6	30.5	40.6	36.8	177.8	71.2	1.93	1	448		20.76	1.85	4610	33.5	35.4	1.05
78	6	B40 B4	30.5	40.6	36.8	238.4	101.5	2.75	1	354		20.76	1.85	3880	16.2	16.8	1.04
79	6	B56 B2	30.5	40.6	36.8	320.0	142.2	3.86	1	150		20.76	1.85	4800	10.4	9.2	0.88
80	6	B56 E2	30.5	40.6	36.8	320.0	142.2	3.86	1	150		6.50	0.58	4720	8.4	6.2	0.74

TAFEL 1, RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBREWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %/	BETAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUD KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	VERH
81	[6]	R56 A4	30.5	40.6	37.5	320.0	142.2	3.79	1	255		27.56	2.41	3380	14.1	13.1	0.93
82	6	R56 A4	30.5	40.6	36.8	320.0	142.2	3.86	1	278		20.76	1.85	4490	12.7	12.5	0.98
83	6	R56 E4	30.5	40.6	36.8	320.0	142.2	3.86	1	290		13.91	1.24	4360	11.3	11.2	0.99
84	6	R56 A6	30.8	40.6	35.6	320.0	142.2	3.99	1	406		41.55	3.79	4470	18.9	19.3	1.02
85	6	R56 A6	30.5	40.6	37.1	320.0	142.2	3.83	1	466		20.70	1.83	4750	14.3	16.1	1.13
86	6	R70 A2	30.5	40.6	36.5	355.0	177.8	4.87	1	167		20.70	1.86	4420	9.3	9.4	1.01
87	6	R70 A4	30.5	40.6	36.8	355.0	177.8	4.83	1	278		27.61	2.46	4450	13.7	13.3	0.97
88	6	R70 A6	30.5	40.6	35.6	355.0	177.8	4.99	1	458		41.58	3.83	4440	19.2	19.8	1.03
89	6	R84 A4	30.5	40.6	36.4	462.0	213.5	5.86	1	278		20.87	1.88	4730	11.6	11.6	1.00
90	6	R113 A4	30.5	40.6	36.5	610.0	287.0	7.86	1	332		20.70	1.86	4780	11.0	11.6	1.06
91	6	R113 A4R	30.5	40.6	36.8	610.0	287.0	7.79	1	293		20.87	1.86	3520	8.7	10.9	1.26
92	[7]	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	183.0	45.7	1.63	2		235	8.52	2.01		32.3	34.8	1.07
93	7	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	183.0	76.2	2.73	2		240	8.52	2.01		15.0	13.8	0.92
94	7	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	305.0	106.7	3.82	2		238	8.52	2.01		12.9	11.4	0.88
95	7	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	305.0	121.9	4.36	2		259	8.52	2.01		11.4	11.7	1.02
96	7	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	305.0	137.2	4.91	2		269	8.52	2.01		9.6	11.6	1.21
97	7	SERIES 1	15.2	30.5	27.9	305.0	137.2	4.91	2		228	8.52	2.01		10.9	10.7	0.98
98	7	2A	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		306	3.79	0.90		10.7	10.4	0.97
99	7	2B	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		293	3.79	0.90		11.5	10.1	0.88
100	7	2C	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		289	5.01	1.19		13.7	11.1	0.81
101	7	2D	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		332	5.01	1.19		11.1	11.9	1.07
102	7	2E	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		321	6.28	1.49		12.6	12.6	1.00
103	7	2F	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		289	6.28	1.49		12.6	11.9	0.95
104	7	2G	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		285	6.28	1.49		11.4	11.8	1.04
105	7	2H	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		285	6.28	1.49		12.1	11.8	0.98
106	7	2I	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		311	7.59	1.80		13.0	13.2	1.01
107	7	2J	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		302	7.59	1.80		12.6	13.0	1.03
108	7	2K	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		267	9.78	2.33		12.8	13.3	1.04
109	7	2L	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		314	9.78	2.33		14.9	14.5	0.97
110	7	2M	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		313	9.78	2.33		14.9	14.4	0.97
111	7	2N	19.0	26.1	22.8	182.8	91.4	4.00	1		310	9.79	2.26		13.4	14.2	1.06
112	7	2P	19.0	26.1	22.8	182.8	91.4	4.00	1		275	9.79	2.26		14.0	13.3	0.95
113	7	3A	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		237	7.59	1.80		12.3	11.5	0.93
114	7	3B	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		224	7.89	1.88		13.1	11.4	0.87
115	7	3C	19.0	25.4	21.9	182.8	91.4	4.17	1		270	7.65	1.84		12.2	12.4	1.01
116	7	3D	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		335	7.59	1.80		12.7	13.7	1.08
117	7	3E	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		352	7.89	1.88		12.9	14.2	1.10
118	7	3F	19.0	25.4	21.9	182.8	91.4	4.17	1		321	7.65	1.84		13.7	13.5	0.99
119	7	3G	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		365	7.59	1.80		13.9	14.3	1.03
120	7	3H	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		376	7.89	1.88		15.6	14.7	0.94

TAFEL 1. RECHTECKBALKEN OHNE SCHURREWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MOEL o/o	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUUD KP/CM <sup>2</sup>	VERH
121	[7]	3I	19.0	25.4	21.9	182.8	91.4	4.17	1		385	7.65	1.84		14.0	14.8	1.06
122	7	3J	19.0	25.4	22.2	182.8	91.4	4.11	1		447	7.59	1.80		14.6	15.8	1.08
123	7	3K	19.0	25.4	22.1	182.8	91.4	4.13	1		423	7.89	1.88		15.2	15.6	1.03
124	7	3L	19.0	25.4	21.9	182.8	91.4	4.17	1		457	7.65	1.84		14.7	16.1	1.10
125	[8]	L-1	15.2	30.5	25.3	192.8	50.8	2.00	2	215		12.92	3.36	3100	35.1	30.0	0.85
126	8	L-2	15.2	30.5	25.3	243.8	76.3	3.01	2	219		12.92	3.36	3170	22.9	16.0	0.70
127	8	L-2A	15.2	30.5	25.3	243.8	76.3	3.01	2	374		12.92	3.36	2880	24.2	20.9	0.86
128	8	L-3	15.2	30.5	25.3	294.6	101.7	4.01	2	287		12.92	3.36	3170	16.1	17.0	1.05
129	8	L-4	15.2	30.5	25.3	345.2	127.0	5.01	2	263		12.92	3.36	3100	15.4	15.6	1.01
130	8	L-5	15.2	30.5	25.3	396.2	152.5	6.02	2	285		12.92	3.36	3380	15.4	15.6	1.01
131	8	L-6	15.2	30.5	25.3	447.2	178.0	7.03	2	312		12.92	3.36	3230	14.2	15.6	1.10
132	8	A-1	15.2	30.5	25.4	192.8	50.8	2.00	1	287		3.86	1.00	4680	22.2	23.2	1.04
133	8	A-2	15.2	30.5	25.4	243.8	76.3	3.00	1	321		3.86	1.00	4780	12.6	13.0	1.03
134	8	A-3	15.2	30.5	25.4	294.6	101.7	4.00	1	199		3.86	1.00	4610	10.3	9.4	0.91
135	8	A-4	15.2	30.5	25.4	345.2	127.0	5.00	1	274		3.86	1.00	4680	10.6	10.6	1.00
136	8	A-5	15.2	30.5	25.4	396.2	152.5	6.00	1	313		3.86	1.00	4710	9.9	10.9	1.10
137	8	A-11	15.2	30.5	25.4	192.8	50.8	2.00	1	288		12.85	3.33	3480	31.2	34.8	1.11
138	8	A-12	15.2	30.5	25.4	243.8	76.3	3.00	1	272		12.85	3.33	3200	17.8	17.8	1.00
139	8	A-13	15.2	30.5	25.4	294.6	101.7	4.00	1	225		12.85	3.33	4020	14.2	15.0	1.05
140	8	A-14	15.2	30.5	25.4	345.2	127.0	5.00	1	281		12.85	3.33	3710	16.5	16.1	0.97
141	8	A-15	15.2	30.5	25.4	396.2	152.5	6.00	1	255		12.85	3.33	3380	14.9	14.7	0.98
142	[9]	8A4	15.2	30.5	26.7	305.0	132.0	4.94	2	213		5.07	1.25	3410	9.7	10.0	1.03
143	9	8B4	15.2	30.5	26.7	305.0	132.0	4.94	2	316		5.07	1.25	3410	12.3	12.2	0.99
144	9	8BW4	15.2	30.5	26.7	305.0	132.0	4.94	2	302		5.07	1.25	3410	11.5	11.9	1.03
145	9	8B2	15.2	30.5	26.7	305.0	132.0	4.94	2	314		10.14	2.50	6400	15.0	15.3	1.02
146	9	8B3	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	307		5.07	1.25	3410	13.2	17.7	1.34
147	9	8A1X	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	260		10.14	2.50	3400	23.0	20.5	0.89
148	9	8A1	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	283		10.14	2.50	3400	16.6	21.4	1.29
149	9	8B1	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	379		10.14	2.50	3400	25.9	24.8	0.95
150	9	8C1	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	592		20.29	5.00	3400	36.5	39.1	1.07
151	9	8D1	15.2	30.5	26.7	198.0	66.0	2.47	2	747		20.29	5.00	3400	47.4	43.9	0.92
152	[10]	1	19.0	32.0	27.0	90.0	27.0	1.00	2		355	10.61	2.07	4740	88.0	71.1	0.80
153	10	2	19.0	32.0	27.0	115.0	40.0	1.48	2		355	10.61	2.07	4740	59.4	51.3	0.86
154	10	3	19.0	32.0	27.0	145.0	54.0	2.00	2		355	10.61	2.07	4740	33.5	29.9	0.89
155	10	4	19.0	32.0	27.0	170.0	67.0	2.48	2		355	10.61	2.07	4740	19.8	20.6	1.04
156	10	5	19.0	32.0	27.0	195.0	81.0	3.00	2		355	10.61	2.07	4740	14.6	15.8	1.08
157	10	6	19.0	32.0	27.0	235.0	110.0	4.07	2		355	10.61	2.07	4740	14.7	14.5	0.99
158	10	7-1	19.0	32.0	27.8	310.0	135.0	4.85	2		372	10.61	2.01	4740	14.8	14.2	0.96
159	10	7-2	19.0	32.0	27.8	310.0	135.0	4.85	2		372	10.61	2.01	4740	16.0	14.2	0.88
160	10	8-1	19.0	32.0	27.8	360.0	162.0	5.82	2		373	10.61	2.01	4740	15.4	13.6	0.88



TAFEL 1, RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBFEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZFEICHNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM2	BETAU KP/CM2	FF CM2	MUEL %	BETAS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUD KP/CM2	VERH
161	[10]	8-2	19.0	32.0	27.4	360.0	162.0	5.91	2	373	10.62	2.04	4740	15.5	13.7	0.88	
162	10	EA1	19.0	32.0	27.0	200.0	75.0	2.77	2	251	9.69	1.89	4500	14.0	14.1	1.00	
163	10	EA2	19.0	32.0	27.0	200.0	75.0	2.77	2	251	9.64	1.88	4400	17.9	14.1	0.78	
164	10	D1/1	5.0	8.0	7.0	52.0	21.0	3.00	2	447	0.59	1.71	4600	24.8	23.4	0.94	
165	10	D1/2	5.0	8.0	7.0	52.0	21.0	3.00	2	447	0.59	1.71	4600	24.4	23.4	0.95	
166	10	D2/1	10.0	16.0	14.0	104.0	42.0	3.00	2	449	2.32	1.66	4350	18.2	19.5	1.07	
167	10	D2/2	10.0	16.0	14.0	104.0	42.0	3.00	2	449	2.32	1.66	4350	19.9	19.5	0.98	
168	10	D3/1	15.0	24.0	21.0	156.0	63.0	3.00	2	464	5.10	1.62	4210	17.7	17.7	1.00	
169	10	D3/2	15.0	24.0	21.0	156.0	63.0	3.00	2	464	5.10	1.62	4210	16.3	17.7	1.09	
170	10	D4/1	20.0	32.0	28.0	208.0	84.0	3.00	2	425	9.35	1.67	4480	15.9	16.0	1.00	
171	10	D4/2	20.0	32.0	28.0	208.0	84.0	3.00	2	425	9.35	1.67	4480	15.3	16.0	1.04	
172	10	C1	10.0	18.0	15.0	100.0	45.0	3.00	2	471	1.99	1.33	4330	17.5	18.2	1.04	
173	10	C2	15.0	33.0	30.0	200.0	90.0	3.00	2	471	5.98	1.33	4330	17.5	15.3	0.87	
174	10	C3	20.0	50.0	45.0	300.0	135.0	3.00	2	471	11.97	1.33	4330	13.7	13.8	1.01	
175	10	C4	22.5	67.0	60.0	400.0	180.0	3.00	2	471	17.95	1.33	4330	13.7	12.9	0.94	
176	[11]	X	9.0	13.4	11.1	125.0	40.0	3.60	2	283	2.63	2.64	4900	17.2	17.9	1.04	
177	11	Y	12.0	22.9	19.9	224.0	72.0	3.61	2	283	6.30	2.64	4150	14.7	15.4	1.05	
178	11	Z	18.0	30.1	26.2	296.0	95.0	3.62	2	298	12.45	2.64	4200	13.5	14.8	1.09	
179	[12]	D-1	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	597	35.51	4.32	2810	21.4	22.2	1.04	
180	12	D-2	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	516	35.51	4.32	2810	18.6	20.7	1.11	
181	12	D-3	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	434	35.51	4.32	2810	18.3	19.0	1.03	
182	12	D-4	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	426	35.51	4.32	2810	20.5	18.8	0.91	
183	12	D-5	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	516	35.51	4.32	2810	18.6	20.7	1.11	
184	12	D-6	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	496	35.51	4.32	2810	19.8	20.3	1.02	
185	12	D-7	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	387	35.51	4.32	2810	19.9	17.9	0.90	
186	12	D-8	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	306	35.51	4.32	2810	16.7	15.9	0.95	
187	12	D-9	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	181	35.51	4.32	2810	12.6	12.2	0.97	
188	12	D-10	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	320	35.51	4.32	2810	18.0	16.3	0.90	
189	12	D-11	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	229	35.51	4.32	2810	15.4	13.8	0.89	
190	12	D-12	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	279	35.51	4.32	2810	15.2	15.2	1.00	
191	12	D-13	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	250	35.51	4.32	2810	14.1	14.4	1.02	
192	12	D-14	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	287	35.51	4.32	2810	15.2	15.4	1.01	
193	12	D-15	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	268	35.51	4.32	2810	14.5	14.9	1.03	
194	12	D-16	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	311	35.51	4.32	2810	15.8	16.0	1.01	
195	12	D-17	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	265	35.51	4.32	2810	14.9	14.8	0.99	
196	12	D-18	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	293	35.51	4.32	2810	14.9	15.6	1.04	
197	12	D-19	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	330	35.51	4.32	2810	16.4	16.5	1.01	
198	12	D-20	22.9	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2	291	35.51	4.32	2810	15.2	15.5	1.02	
199	12	E-1	22.9	41.9	35.9	381.0	152.4	4.24	2	788	35.51	4.32	2810	21.2	24.8	1.17	
200	12	E-2	22.9	41.9	35.9	381.0	152.4	4.24	2	567	35.51	4.32	2810	20.6	21.1	1.02	

TAFEL 1. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBFWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BFTAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BFTAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	VERH
201	[12]	E-3	22.9	41.9	35.9	381.0	152.4	4.24	2		497	35.51	4.32	2810	18.3	19.7	1.08
202	12	E-4	22.9	41.9	35.9	381.0	152.4	4.24	2		431	35.51	4.32	2810	18.3	18.4	1.00
203	12	E-5	22.9	41.9	35.9	381.0	152.4	4.24	2		240	35.51	4.32	2810	13.9	13.7	0.98
204	12	A5-1	30.5	41.9	35.9	381.0	125.7	3.50	2		533	35.47	3.24	2810	19.7	19.1	0.97
205	12	A5-2	22.9	41.9	36.6	381.0	125.7	3.43	2		244	30.17	3.60	2810	13.9	13.3	0.96
206	12	A5-3	22.9	41.9	36.8	381.0	125.7	3.41	2		282	22.16	2.63	2810	13.3	12.9	0.97
207	12	A5-4	22.9	41.9	36.7	381.0	125.7	3.42	2		275	20.42	2.43	2810	13.3	12.4	0.93
208	12	A5-5	22.9	41.9	36.9	381.0	99.1	2.68	2		300	14.53	1.72	2810	14.1	14.0	0.99
209	12	A5-6	22.9	41.9	36.7	381.0	99.1	2.70	2		323	18.32	2.18	2810	16.7	15.7	0.94
210	12	A5-7	22.9	50.8	44.8	381.0	125.7	2.80	2		317	35.49	3.06	2810	17.2	16.3	0.95
211	[13]	A2.1-16.8A	2.1		16.8		45.0	2.67		352		0.70	2.00	4180	16.8	21.9	1.30
212	13	A2.1-16.8B	2.1		16.8		45.0	2.67		352		0.70	2.00	4180	22.3	21.9	0.98
213	13	A3-12A	3.0		12.2		32.5	2.66		290		0.72	1.98	4030	20.7	21.6	1.04
214	13	A3-12B	3.0		12.0		32.0	2.66		296		0.70	1.97	4010	17.0	21.9	1.28
215	13	A3-12C	3.1		12.2		32.5	2.66		290		0.74	1.97	4030	19.6	21.6	1.10
216	13	A4.25-17A	4.2		17.0		68.0	4.00		139		1.42	2.00	4150	8.6	11.0	1.27
217	13	A4.25-17B	4.2		17.2		68.0	3.95		139		1.40	1.94	4150	10.2	10.8	1.06
218	13	B3-12A	3.0		12.0		48.0	4.00		296		0.72	2.00	4010	17.5	17.5	1.00
219	13	B3-12B	3.0		12.0		48.0	4.00		296		0.70	1.97	4010	16.5	17.4	1.05
220	13	B4.25-17A	4.2		17.0		68.0	4.00		136		1.42	2.00	4150	9.1	10.8	1.19
221	13	B4.25-17B	4.2		17.0		68.0	4.00		139		1.38	1.94	4150	9.5	10.8	1.14
222	13	C4.25-17A	4.2		17.0		45.4	2.67		139		1.39	1.96	4290	12.7	13.7	1.07
223	13	C4.25-17B	4.2		17.0		45.4	2.67		139		1.39	1.96	4290	10.4	13.7	1.31
224	13	A4.7-14.7A	4.7		14.7		39.2	2.66		288		1.43	2.08	4440	20.0	20.9	1.04
225	13	A4.7-14.7B	4.7		14.7		39.2	2.66		288		1.43	2.08	4440	19.3	20.9	1.08
226	13	A4.25-8.5A	4.2		8.6		23.0	2.67		302		0.71	1.97	4056	20.4	23.9	1.17
227	13	A4.25-8.5B	4.2		8.6		23.0	2.67		302		0.71	1.97	4056	24.6	23.9	0.97
228	13	A4.25-8.5C	4.2		8.6		23.0	2.67		302		0.71	1.97	4056	28.2	23.9	0.84
229	13	A6-12A	6.0		12.1		32.4	2.67		303		1.40	1.94	3970	26.7	21.8	0.81
230	13	A6-12B	6.0		12.2		32.5	2.66		303		1.40	1.92	3970	19.1	21.9	1.14
231	13	A6-12C	6.0		12.0		32.1	2.67		303		1.39	1.94	3970	28.3	21.9	0.77
232	13	A8.5-17A	8.7		17.1		45.6	2.66		357		2.85	1.92	4000	23.2	21.8	0.94
233	13	A8.5-17B	8.5		17.0		45.4	2.67		357		2.83	1.96	4000	25.3	21.9	0.86
234	13	A8.5-17C	8.6		17.0		45.4	2.67		345		2.85	1.95	4000	26.4	21.5	0.81
235	13	D29.4-9.8A	29.3		10.0		40.0	4.00		251		8.49	2.90	3890	17.5	19.1	1.09
236	13	D29.4-9.8B	29.4		10.0		40.0	4.00		251		8.52	2.90	3890	14.1	19.1	1.35
237	13	D29.4-9.8C	29.3		9.8		39.2	4.00		251		8.49	2.96	4300	18.6	19.3	1.03
238	13	D29.4-9.8D	29.4		9.9		39.6	4.00		251		8.49	2.92	4300	21.2	19.2	0.90
239	13	B29.4-9.8A	29.4		9.8		39.2	4.00		216		5.67	1.97	3850	15.4	15.6	1.01
240	13	B29.4-9.8B	29.4		9.8		39.2	4.00		237		5.67	1.97	3850	19.5	16.4	0.84

TAFEL 1, RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup>	VERH
241	[13]	AR.5-34A	8.5		34.1		91.0	2.66		286		5.39	1.86	4160	15.6	16.2	1.04
242	13	AR.5-34B	8.7		34.0		90.8	2.67		263		5.32	1.80	4240	14.3	15.4	1.07
243	13	A50-25A	50.1		25.3		67.3	2.66		352		22.94	1.81	4070	25.1	19.3	0.77
244	13	A50-25B	50.2		25.3		67.3	2.66		347		22.98	1.81	4010	25.1	19.2	0.76
245	13	32-8A	31.7		8.1		32.5	4.01		241		4.75	1.85	3900	17.2	16.9	0.98
246	13	32-8A	32.2		8.1		32.4	4.00		241		4.95	1.90	3900	16.6	17.1	1.03
247	13	B32-8A	31.8		8.0		32.0	4.00		247		7.14	2.81	4100	22.6	19.8	0.87
248	13	B32-8B	31.8		8.0		32.0	4.00		247		7.12	2.80	4400	23.8	19.8	0.83
249	13	C32-8A	31.8		8.0		32.0	4.00		271		4.96	1.95	4200	19.0	18.3	0.96
250	13	C32-8B	31.8		8.0		32.0	4.00		271		4.96	1.95	4200	19.6	18.3	0.93
251	13	48-8A	48.0		8.2		32.8	4.00		283		7.79	1.98	4070	20.9	18.7	0.89
252	13	48-8A	47.9		8.2		32.4	3.95		283		7.89	2.01	4180	18.7	18.9	1.01
253	13	64-8A	64.0		8.2		32.8	4.00		290		9.97	1.90	4050	19.4	18.7	0.96
254	13	64-8B	63.6		8.2		32.4	3.95		298		10.11	1.94	4480	19.5	19.1	0.98
255	[14]	OA-1	31.0	55.6	46.1	365.8	182.9	3.96	1	230		25.86	1.81	5620	13.5	10.6	0.79
256	14	OA-2	30.5	56.2	46.6	457.2	228.6	4.90	1	241		32.26	2.27	5620	14.6	11.3	0.77
257	14	OA-3	30.7	55.6	46.2	640.0	320.0	6.92	1	383		38.86	2.74	5620	15.6	14.0	0.89
258	[15]	I-1	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	259		24.95	3.05	2720	44.4	47.7	1.07
259	15	I-2	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	234		24.95	3.05	2720	44.1	45.3	1.02
260	15	II-3	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	223		15.38	1.88	4750	37.2	37.6	1.01
261	15	II 4	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	269		15.38	1.88	4750	44.4	41.3	0.93
262	15	III 5	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	263		15.13	1.85	4920	41.0	40.6	0.99
263	15	III 6	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	261		15.13	1.85	4920	41.3	40.5	0.98
264	15	IV 7	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	247		15.21	1.86	4520	41.3	39.5	0.95
265	15	IV 8	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	254		15.21	1.86	4520	43.2	40.0	0.92
266	15	V 9	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	236		9.48	1.16	7120	31.8	32.9	1.03
267	15	V 10	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	275		9.48	1.16	7120	38.1	35.6	0.93
268	15	VI 11	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	259		9.57	1.17	7430	31.8	34.6	1.08
269	15	VI-12	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	262		9.57	1.17	7430	38.1	34.8	0.91
270	15	V-13	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	229		6.13	0.75	7250	31.6	28.1	0.88
271	15	V-14	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	272		6.13	0.75	7250	31.8	30.6	0.96
272	15	VI-15	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	260		6.13	0.75	7120	25.5	29.9	1.17
273	15	VI-16	20.3	45.7	40.3	182.5	61.0	1.51	2	233		6.13	0.75	7120	26.8	28.3	1.05
274	15	IIIA-17	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	297		20.77	2.54	5150	12.8	14.1	1.10
275	15	IIIA-18	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	257		20.77	2.54	5150	11.5	13.1	1.14
276	15	VA-19	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	240		7.60	0.93	7040	9.0	9.1	1.01
277	15	VA-20	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	260		7.60	0.93	7040	9.5	9.4	0.99
278	15	VIA-21	20.3	45.7	40.3	289.0	114.3	2.83	2	269		6.87	0.84	7180	10.3	10.6	1.03
279	15	VIA-22	20.3	45.7	40.3	289.0	114.3	2.83	2	263		6.87	0.84	7180	8.9	10.5	1.18
280	15	VIA-23	20.3	45.7	40.3	289.0	114.3	2.83	2	311		6.87	0.84	7180	10.7	11.4	1.07

TAFEL 1. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBFWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MIJEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup>	VERH
281	[15]	VIA-24	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	269		3.84	0.47	7100	7.8	7.6	0.98
282	15	VIA-25	20.3	45.7	40.3	365.0	152.4	3.78	2	263		3.84	0.47	7100	7.1	7.5	1.06
283	[16]	ER 18	10.2	15.2	12.1	96.5	30.5	2.52	2		377	2.54	2.06	2950	23.1	24.5	1.06
284	16	ER 28	10.2	15.2	12.1	96.5	22.9	1.89	2		404	2.54	2.06	2950	35.8	43.4	1.21
285	16	AR 18	7.6	10.2	7.1	96.5	30.5	4.29	2		463	1.40	2.60	3150	25.4	24.1	0.94
286	16	AR 28	7.6	10.2	7.1	96.5	27.9	3.92	2		483	1.40	2.60	3150	24.7	24.9	1.01
287	16	AR 38	7.6	10.2	7.1	96.5	22.9	3.22	2		437	1.40	2.60	3150	29.1	24.5	0.84
288	16	AR 48	7.6	10.2	7.1	96.5	15.2	2.14	2		432	1.40	2.60	3150	36.5	43.0	1.18
289	16	BR 5A	10.2	15.2	11.5	111.5	30.5	2.65	2		402	3.78	3.23	2660	38.9	27.4	0.70
290	16	BR 6A	10.2	15.2	11.5	111.5	30.5	2.65	2		503	3.78	3.23	2660	39.3	30.7	0.78
291	16	BR 7A	10.2	15.2	11.5	111.5	22.9	1.99	2		585	3.78	3.23	2660	51.3	54.2	1.05
292	16	DR 18	10.2	12.7	9.4	96.5	22.9	2.43	2		487	3.97	4.15	3000	47.8	39.7	0.83
293	16	DR 28	10.2	12.7	9.4	96.5	15.2	1.61	2		477	3.97	4.15	3000	67.2	84.4	1.25
294	16	DR 38	10.2	12.7	9.4	96.5	30.5	3.24	2		460	3.97	4.15	3000	38.5	27.3	0.70
295	16	DR 48	10.2	12.7	9.4	96.5	15.2	1.61	2		462	3.97	4.15	3000	72.5	83.1	1.14
296	16	AR 1A	7.6	10.2	6.9	96.5	22.9	3.31	2		435	3.96	7.57	3000	49.5	34.8	0.70
297	16	AR 2A	7.6	10.2	6.9	96.5	30.5	4.42	2		516	3.96	7.57	3000	34.5	36.4	1.05
298	16	AR 3A	7.6	10.2	6.9	96.5	15.2	2.20	2		467	3.96	7.57	3000	66.0	61.2	0.92
299	16	AR 4A	7.6	10.2	6.9	96.5	38.1	5.52	2		528	3.96	7.57	3000	29.8	35.2	1.18
300	[17]	II 4A3	20.3	45.7	39.0	183.0	91.5	2.34	1	312		16.30	2.06	4010	16.2	21.0	1.29
301	17	II 5A3	20.3	45.7	39.0	183.0	91.5	2.34	1	304		24.46	3.09	4010	25.0	23.7	0.95
302	17	II 11A2	15.2	38.1	31.4	183.0	91.5	2.91	1	307		16.27	3.41	4010	17.8	18.7	1.05
303	17	II 12A2	15.2	30.5	23.8	183.0	91.5	3.84	1	305		16.27	4.50	4010	20.6	19.7	0.95
304	17	III 18A2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	197		12.87	2.68	4780	15.3	13.9	0.91
305	17	III 18B2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	202		12.87	2.68	4780	17.5	14.1	0.80
306	17	III 18D2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	225		12.87	2.68	4780	14.6	14.8	1.01
307	17	III 18C2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	230		12.87	2.68	4780	17.7	15.0	0.85
308	17	IV 13A2	15.2	38.1	31.9	183.0	91.5	2.86	1	203		3.87	0.80	4080	11.7	9.5	0.81
309	17	IV 14A2	15.2	30.5	24.3	183.0	91.5	3.76	1	211		3.87	1.05	4080	11.2	10.0	0.90
310	17	IV 15A2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	206		6.43	1.34	4780	11.1	11.3	1.01
311	17	IV 15B2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	211		6.43	1.34	4780	12.5	11.4	0.91
312	17	IV 16A2	15.2	30.5	24.0	183.0	91.5	3.81	1	226		6.45	1.77	4780	13.4	12.4	0.92
313	17	IV 17A2	15.2	30.5	24.3	183.0	91.5	3.76	1	225		7.71	2.09	4080	13.9	13.1	0.94
314	17	IV 18E2	15.2	38.1	31.6	183.0	91.5	2.89	1	202		12.87	2.68	4780	19.8	14.1	0.71
315	17	IV 19A2	15.2	30.5	24.0	183.0	91.5	3.81	1	211		12.87	3.53	4780	14.8	15.1	1.02
316	17	IV 20A2	15.2	30.5	23.8	183.0	91.5	3.84	1	215		16.35	4.52	4010	16.3	16.6	1.01
317	17	IV 21A2	20.3	30.5	23.8	183.0	91.5	3.84	1	203		24.20	5.01	4010	18.4	16.7	0.90
318	17	V 1AC	15.2	30.5	25.5	244.0	122.0	4.78	1	224		3.83	0.99	3680	9.9	9.6	0.97
319	17	V 2AC	15.2	30.5	25.4	244.0	122.0	4.80	1	235		5.09	1.32	4010	11.4	10.9	0.95
320	17	V 3AC	15.2	30.5	25.5	244.0	122.0	4.78	1	213		7.71	1.99	3860	13.2	11.9	0.90

TAFEL 1, RECHTECKALKEN OHNE SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup>	VERH
321	[17]	V 4AC	15.2	30.5	25.4	244.0	122.0	4.80	1	167		10.15	2.63	4010	11.4	11.5	1.01
322	17	V 5AC	15.2	30.5	25.2	244.0	122.0	4.84	1	187		12.83	3.35	3780	12.7	13.2	1.04
323	17	V 6AC	15.2	30.5	25.1	244.0	122.0	4.86	1	233		16.40	4.30	3680	16.3	16.1	0.98
324	17	V 1CC	15.2	30.5	25.5	305.0	152.5	5.98	1	194		3.87	1.00	3860	8.1	8.6	1.06
325	17	V 2CC	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	213		5.09	1.32	4010	9.2	9.9	1.07
326	17	V 3CC	15.2	30.5	25.5	305.0	152.5	5.98	1	209		7.71	1.99	3860	10.6	11.2	1.06
327	17	V 4CC	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	210		10.15	2.63	4010	12.1	12.3	1.02
328	17	V 5CC	15.2	30.5	25.2	305.0	152.5	6.05	1	207		12.83	3.35	3780	13.5	13.3	0.98
329	17	V 6CC	15.2	30.5	25.1	305.0	152.5	6.07	1	210		16.40	4.30	3680	13.6	14.5	1.07
330	17	V 3EC	15.2	30.5	25.5	366.0	183.0	7.17	1	192		7.71	1.99	3860	11.6	10.2	0.88
331	17	V 4FC	15.2	30.5	25.4	366.0	183.0	7.20	1	217		10.15	2.63	4010	12.6	11.9	0.94
332	17	V 5EC	15.2	30.5	25.2	366.0	183.0	7.26	1	199		12.83	3.35	3780	12.0	12.3	1.03
333	17	V 6FC	15.2	30.5	25.1	366.0	183.0	7.29	1	195		16.40	4.30	3680	12.9	13.3	1.03
334	17	V 3GC	15.2	30.5	25.5	427.0	213.5	8.37	1	215		7.71	1.99	3860	9.6	10.2	1.06
335	17	V 4GC	15.2	30.5	25.4	427.0	213.5	8.40	1	215		10.15	2.63	4010	11.1	11.2	1.01
336	17	V 5GC	15.2	30.5	25.2	427.0	213.5	8.47	1	223		12.83	3.35	3780	12.7	12.4	0.97
337	17	V 6GC	15.2	30.5	25.1	427.0	213.5	8.50	1	218		16.40	4.30	3680	12.4	13.3	1.07
338	17	V 3JC	15.2	30.5	25.5	488.0	244.0	9.56	1	227		7.71	1.99	3860	8.6	9.9	1.15
339	17	V 4JC	15.2	30.5	25.4	488.0	244.0	9.60	1	227		10.15	2.63	4010	9.7	10.9	1.12
340	17	V 5JC	15.2	30.5	25.2	488.0	244.0	9.68	1	233		12.83	3.35	3780	12.3	11.9	0.97
341	17	V 6JC	15.2	30.5	25.1	488.0	244.0	9.72	1	218		16.40	4.30	3680	10.8	12.5	1.16
342	17	VII 6C	15.2	30.5	25.2	183.0	91.5	3.63	1	352		12.83	3.35	4780	15.5	19.1	1.23
343	17	VIII 3AAC	15.2	30.5	25.5	183.0	91.5	3.58	1	297		7.71	1.99	3860	16.7	14.7	0.88
344	17	VIII 4AAC	15.2	30.5	25.4	183.0	91.5	3.60	1	333		10.15	2.63	4010	17.4	17.1	0.98
345	17	VIII 5AAC	15.2	30.5	25.2	183.0	91.5	3.63	1	350		12.83	3.35	3780	17.3	19.0	1.10
346	17	VIII 6AAC	15.2	30.5	25.0	183.0	91.5	3.66	1	324		16.33	4.30	3680	18.4	19.9	1.08
347	17	VIII 3AC	15.2	30.5	25.5	244.0	122.0	4.78	1	310		7.71	1.99	3860	16.1	14.3	0.89
348	17	VIII 4AC	15.2	30.5	25.4	244.0	122.0	4.80	1	310		10.15	2.63	4010	16.2	15.7	0.97
349	17	VIII 5AC	15.2	30.5	25.2	244.0	122.0	4.84	1	335		12.83	3.35	3780	16.4	17.7	1.08
350	17	VIII 6AC	15.2	30.5	25.0	244.0	122.0	4.88	1	347		16.33	4.30	3680	18.1	19.6	1.08
351	17	VIII 4CC	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	391		10.15	2.63	4010	15.8	16.8	1.06
352	17	VIII 5CC	15.2	30.5	25.2	305.0	152.5	6.05	1	382		12.83	3.35	3780	17.4	18.0	1.03
353	17	VIII 6CC	15.2	30.5	25.0	305.0	152.5	6.10	1	391		16.33	4.30	3680	19.3	19.8	1.03
354	17	VIII 4EC	15.2	30.5	25.4	366.0	183.0	7.20	1	375		10.15	2.63	4010	15.7	15.7	1.00
355	17	VIII 5EC	15.2	30.5	25.2	366.0	183.0	7.26	1	382		12.83	3.35	3780	16.3	17.1	1.05
356	17	VIII 6EC	15.2	30.5	25.0	366.0	183.0	7.32	1	345		16.33	4.30	3680	14.9	17.7	1.18
357	17	IX 3AAC	15.2	30.5	25.5	183.0	91.5	3.58	1	128		7.71	1.99	3860	12.1	9.6	0.79
358	17	IX 4AAC	15.2	30.5	25.4	183.0	91.5	3.60	1	132		10.15	2.63	4010	12.9	10.7	0.83
359	17	IX 5AAC	15.2	30.5	25.2	183.0	91.5	3.63	1	157		12.83	3.35	3780	15.2	12.7	0.83
360	17	IX 6AAC	15.2	30.5	25.0	183.0	91.5	3.66	1	137		16.33	4.30	3680	19.0	12.9	0.68

TAFEL 1. RECHTECKALKEN OHNE SCHUBBEWEHRUNG. EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZFEICHNG.	B CM	D CM	H CM	I CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MIJEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAU110 KP/CM <sup>2</sup>	VERH
361	[17]	IX 3AC	15.2	30.5	25.5	244.0	122.0	4.78	1	141		7.71	1.99	3860	11.0	9.6	0.88
362	17	IX 4AC	15.2	30.5	25.4	244.0	122.0	4.80	1	132		10.15	2.63	4010	12.1	10.2	0.85
363	17	IX 5AC	15.2	30.5	25.2	244.0	122.0	4.84	1	157		12.83	3.35	3780	13.2	12.1	0.92
364	17	IX 6AC	15.2	30.5	25.0	244.0	122.0	4.88	1	127		16.33	4.30	3680	12.4	11.9	0.96
365	17	IX 3CC	15.2	30.5	25.5	305.0	152.5	5.98	1	125		7.71	1.99	3860	9.2	8.6	0.94
366	17	IX 4CC	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	174		10.15	2.63	4010	10.6	11.2	1.06
367	17	IX 5CC	15.2	30.5	25.2	305.0	152.5	6.05	1	150		12.83	3.35	3780	10.4	11.3	1.08
368	17	IX 6CC	15.2	30.5	25.0	305.0	152.5	6.10	1	139		16.33	4.30	3680	12.1	11.8	0.97
369	17	IX 4FC	15.2	30.5	25.4	366.0	183.0	7.20	1	145		10.15	2.63	4010	10.7	9.7	0.91
370	17	IX 5FC	15.2	30.5	25.2	366.0	183.0	7.26	1	154		12.83	3.35	3780	10.5	10.9	1.03
371	17	X C	20.3	53.3	48.2	305.0	152.5	3.16	1	171		15.26	1.56	4010	10.0	9.0	0.90
372	17	XI PCA	15.2	30.5	25.0	366.0	183.0	7.32	1	369		16.33	4.30	3680	16.3	18.3	1.12
373	17	XI PCB	15.2	30.5	25.0	366.0	183.0	7.32	1	369		16.33	4.30	3680	16.3	18.3	1.12
374	17	S-I OCA	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	364		10.15	2.63	4010	14.6	16.2	1.11
375	17	S-I OCB	15.2	30.5	25.4	305.0	152.5	6.00	1	392		10.15	2.63	4010	15.9	16.9	1.06
376	17	S-II OCA	25.4	50.8	45.6	366.0	183.0	4.01	1	390		25.71	2.22	3780	14.8	14.9	1.00
377	17	S-II OCB	25.4	50.8	45.6	366.0	183.0	4.01	1	390		25.71	2.22	3780	13.5	14.9	1.10
378	[18]	40	15.2	15.2	14.0	195.0	75.0	5.35	2	269		5.51	2.59	3950	17.7	16.6	0.93
379	18	41	15.2	15.2	14.1	113.5	34.0	2.41	2	278		5.57	2.60	3880	28.0	26.4	0.94
380	18	43	15.1	15.2	13.7	208.0	81.1	5.91	2	286		5.64	2.73	4000	16.3	17.1	1.05
381	18	44	15.2	15.2	13.7	208.0	81.1	5.91	2	286		5.66	2.72	4000	17.2	17.0	0.99
382	18	45	15.1	15.2	13.3	100.0	27.1	2.03	2	260		5.68	2.83	4000	37.6	35.7	0.95
383	18	46	15.1	15.2	13.6	100.0	27.2	2.00	2	260		5.66	2.76	4000	39.3	36.3	0.92
384	18	47	15.1	15.2	13.5	181.5	69.1	5.11	2	253		5.80	2.85	4000	16.5	16.9	1.02
385	18	48	15.1	15.2	13.3	181.5	67.7	5.09	2	253		5.64	2.81	4000	15.7	16.9	1.07
386	18	52	15.2	15.2	13.8	154.0	54.2	3.92	2	253		5.64	2.69	4000	16.0	17.3	1.08
387	18	53	15.1	15.2	13.2	72.7	13.6	1.03	2	265		5.66	2.84	4000	91.0	87.0	0.95
388	18	54	15.1	15.2	13.6	72.7	13.6	1.00	2	265		5.66	2.76	4000	89.8	87.1	0.97
389	18	55	15.0	15.2	13.5	127.0	40.8	3.02	2	256		5.85	2.89	4000	18.8	19.2	1.02
390	18	56	15.3	15.2	13.7	140.5	47.4	3.45	2	278		5.59	2.67	4110	15.6	18.4	1.18
391	18	57	15.3	15.2	13.9	195.0	74.9	5.38	2	269		5.52	2.60	3830	17.4	16.6	0.95
392	18	58	15.2	15.2	13.9	140.5	47.8	3.43	2	278		5.66	2.68	4250	16.0	18.3	1.14
393	18	59	15.4	15.2	14.0	120.0	87.4	6.24	2	272		5.67	2.63	4000	27.1	16.1	0.59
394	18	60	15.5	15.2	13.9	127.0	40.9	2.94	2	273		5.68	2.64	4000	21.4	19.6	0.91
395	18	61	15.6	61.0	54.2	318.0	108.4	2.00	2	273		21.81	2.58	3560	22.5	25.7	1.14
396	18	63	15.5	61.0	54.2	538.0	216.8	4.00	2	268		23.27	2.77	3590	12.9	12.7	0.98
397	18	64	15.6	61.0	54.2	942.0	434.1	8.00	2	263		23.25	2.75	3590	10.9	10.6	0.97
398	18	65	15.0	61.0	55.2	374.0	135.8	2.46	2	275		23.34	2.82	3810	15.9	18.5	1.16
399	18	66	15.7	61.0	54.1	753.0	325.7	6.02	2	269		23.35	2.75	3590	12.4	11.7	0.94
400	18	67	15.7	61.0	52.8	210.0	54.4	1.03	2	309		22.79	2.75	4150	77.0	65.7	0.85

TAFEL 1. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup>	VERH
401	[18]	68	15.7	61.0	53.8	1077.0	486.9	9.05	2	277		22.89	2.71	4150	10.4	10.3	0.99
402	18	69	15.5	61.0	54.3	210.0	54.3	1.00	2	279		22.47	2.67	3810	81.0	62.5	0.77
403	18	71	15.5	61.0	54.4	327.0	162.7	2.99	2	279		22.42	2.66	3810	14.1	13.9	0.98
404	18	72	15.2	61.0	55.0	318.0	107.8	1.95	2	253		22.57	2.70	3920	27.5	26.4	0.96
405	18	74	15.2	61.0	52.3	427.0	162.7	3.11	2	278		22.57	2.84	3730	15.8	13.9	0.88
406	18	75	15.2	61.0	52.4	427.0	163.0	3.11	2	279		22.54	2.83	3740	15.8	13.9	0.88
407	18	76	15.2	61.0	52.9	373.0	138.6	2.62	2	313		23.07	2.87	3800	17.0	18.1	1.06
408	18	79	15.3	61.0	55.6	860.0	379.8	6.83	2	267		23.13	2.72	3890	11.6	11.1	0.96
409	18	81	15.3	30.5	27.5	417.0	162.5	5.90	2	280		11.61	2.76	3510	14.2	14.2	1.00
410	18	82	15.4	30.5	27.4	524.0	216.5	7.90	2	280		11.68	2.77	3490	11.2	13.1	1.17
411	18	83	15.6	30.5	27.4	254.0	82.2	3.00	2	279		11.66	2.73	3490	17.9	16.6	0.93
412	18	84	15.1	30.5	27.4	309.0	109.9	4.01	2	279		11.70	2.83	3490	15.8	15.5	0.98
413	18	88	15.2	30.5	26.6	145.0	27.1	1.01	2	320		11.36	2.81	4100	112.5	80.5	0.71
414	18	91	15.4	30.5	26.8	417.0	162.1	6.04	2	279		11.18	2.71	3710	14.3	14.1	0.99
415	18	92	15.2	30.5	26.9	471.0	189.1	7.02	2	279		11.12	2.72	3760	13.0	13.6	1.04
416	18	93	15.5	30.5	27.3	443.0	176.4	6.46	2	308		11.25	2.66	3800	14.8	14.4	0.97
417	18	94	15.3	30.5	27.3	200.0	54.3	1.98	2	259		11.52	2.76	3590	30.9	30.9	1.00
418	18	95	15.3	30.5	27.5	227.0	67.7	2.46	2	259		11.57	2.75	3450	20.1	21.2	1.05
419	18	96	15.3	30.5	27.5	308.0	108.4	3.94	2	259		11.61	2.76	3420	15.5	14.8	0.95
420	18	97	15.2	30.5	27.6	254.0	81.4	2.94	2	278		11.24	2.68	3730	17.3	16.7	0.96
421	18	98	15.3	30.5	27.5	227.0	67.9	2.46	2	267		11.31	2.69	3730	21.1	21.2	1.00
422	18	99	15.2	30.5	27.2	227.0	68.0	2.50	2	267		11.28	2.73	3730	21.7	20.9	0.96
423	18	100	15.3	30.5	27.0	200.0	54.5	2.01	2	278		11.31	2.74	3730	30.3	31.1	1.02
424	18	3041	15.2	122.0	109.5	640.0	219.0	2.00	2	275		45.43	2.73	3840	22.7	22.1	0.97
425	18	3042	15.4	122.0	109.4	1005.0	273.5	2.50	2	269		45.65	2.71	3830	16.4	14.8	0.90
426	18	3043	15.3	122.0	109.0	857.0	327.0	3.00	2	276		45.36	2.72	3840	11.4	11.7	1.02
427	18	3044	15.2	122.0	109.5	1075.0	434.7	3.96	2	302		45.43	2.73	3840	11.0	11.3	1.02
428	18	3045	15.4	122.0	109.0	1295.0	545.0	5.00	2	289		45.32	2.70	3880	10.4	10.5	1.01
429	18	3046	15.4	122.0	109.3	1735.0	765.0	6.99	2	273		45.78	2.72	3670	10.5	9.4	0.90
430	18	3047	15.4	122.0	109.2	1950.0	873.6	8.00	2	273		45.06	2.68	3830	10.1	9.0	0.89
431	18	271	61.2	30.5	26.8	416.0	162.4	6.05	2	275		45.10	2.75	3840	15.5	14.1	0.91
432	18	272	61.2	30.5	27.0	363.0	135.5	5.01	2	275		44.94	2.72	3840	16.1	14.6	0.91
433	18	273	61.3	30.5	27.0	308.0	108.5	4.01	2	277		45.01	2.72	3840	14.4	15.3	1.06
434	18	274	61.3	30.5	27.0	255.0	81.5	3.01	2	277		45.18	2.73	3840	17.6	16.5	0.94
435	[19]	8 1	24.0	35.0	29.7	180.0	90.0	3.03	1	285		9.19	1.29	4340	12.2	11.7	0.96
436	19	8 2	24.0	65.0	60.0	360.0	180.0	3.00	1	364		18.43	1.28	4340	10.3	11.2	1.08
437	19	8 3	24.0	95.0	90.0	540.0	270.0	3.00	1	338		27.64	1.28	4340	9.9	9.7	0.98
438	19	8 4	24.0	125.0	120.0	720.0	360.0	3.00	1	310		36.86	1.28	4340	8.1	8.6	1.07
439	19	8 5	24.0	65.0	60.0	360.0	180.0	3.00	1	327		9.21	0.64	4340	8.7	8.4	0.96
440	19	8 6	24.0	65.0	60.0	360.0	180.0	3.00	1	304		8.63	0.60	4300	9.2	7.9	0.86
441	19	8 7	24.0	95.0	90.0	540.0	270.0	3.00	1	335		13.82	0.64	4370	7.9	7.7	0.97
442	19	8 8	24.0	95.0	91.5	540.0	270.0	2.95	1	341		12.95	0.59	4300	7.0	7.6	1.09

TAFEL 2. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBFWEHRUNG, GLEICHLAST

NR.	LIT.	BEZFEICHNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	L/H	LA	BETAC KP/CM2	BETAW KP/CM2	FE CM2	MUEL %	BFTAS KP/CM2	TAUWV KP/CM2	TAUWU KP/CM2	VERH
1	17	1/4A1	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	343	16.30	2.06	3466	59.2	71.3	1.20	
2	17	1/4B1	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	324	16.30	2.06	3719	64.0	69.3	1.08	
3	17	1/5A1	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	346	24.46	3.09	3206	80.4	82.0	1.02	
4	17	1/5B1	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	348	24.46	3.09	3677	91.6	82.3	0.89	
5	17	2/4A2	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	330	16.30	2.06	3572	62.6	70.0	1.11	
6	17	2/5A2	20.3	45.7	39.0	182.9	4.68	GL	346	24.46	3.09	3719	93.2	82.0	0.88	
7	17	2/11A1	15.2	38.1	31.4	183.1	5.83	GL	318	16.27	3.41	2897	65.1	70.4	1.08	
8	17	4/15A1	15.2	38.1	31.6	183.0	5.79	GL	216	6.43	1.34	4711	37.5	42.7	1.14	
9	17	4/16A1	15.2	30.5	24.0	182.9	7.62	GL	237	6.45	1.77	3712	33.5	34.3	1.02	
10	17	4/17A1	15.2	30.5	24.3	183.0	7.53	GL	207	7.71	2.09	3579	38.5	34.6	0.89	
11	17	4/17B1	15.2	30.5	24.3	183.0	7.53	GL	237	7.71	2.09	3677	40.4	37.1	0.91	
12	17	4/19A1	15.2	30.5	24.0	182.9	7.62	GL	239	12.87	3.53	2594	51.0	43.3	0.85	
13	17	5/3AU	15.2	30.5	25.6	244.2	9.53	GL	267	7.74	1.99	3494	26.4	25.2	0.95	
14	17	5/4AU	15.2	30.5	25.4	243.8	9.59	GL	202	10.15	2.63	2784	27.2	23.9	0.87	
15	17	5/5AU	15.2	30.5	25.2	243.2	9.65	GL	232	12.83	3.35	2735	33.4	27.6	0.82	
16	17	5/2CU	15.2	30.5	25.4	304.8	12.00	GL	235	5.09	1.32	3776	16.3	16.0	0.98	
17	17	5/3CU	15.2	30.5	25.6	305.2	11.92	GL	232	7.74	1.99	3248	20.2	18.3	0.90	
18	17	5/4CU	15.2	30.5	25.4	304.8	12.00	GL	232	10.15	2.63	2812	24.0	20.0	0.83	
19	17	5/5CU	15.2	30.5	25.2	304.2	12.07	GL	232	12.83	3.35	2285	25.0	21.7	0.86	
20	17	5/6CU	15.2	30.5	25.0	304.3	12.17	GL	232	16.33	4.30	1779	23.7	23.5	0.98	
21	17	5/4EU	15.2	30.5	25.4	365.8	14.40	GL	228	10.15	2.63	3333	22.0	18.8	0.85	
22	17	5/5EU	15.2	30.5	25.2	365.4	14.50	GL	218	12.83	3.35	2609	23.4	20.0	0.85	
23	17	5/6EU	15.2	30.5	25.0	365.0	14.60	GL	227	16.33	4.30	1779	20.9	22.2	1.05	
24	17	5/5GU	15.2	30.5	25.2	425.9	16.90	GL	241	12.83	3.35	2651	19.9	20.3	1.02	
25	17	5/4TU	15.2	30.5	25.4	487.8	19.20	GL	250	10.15	2.63	2109	17.1	18.5	1.08	
26	17	7/6U	15.2	30.5	25.2	182.4	7.23	GL	232	12.83	3.35	2876	52.2	46.1	0.88	
27	17	8/4AAU	15.2	30.5	25.4	182.9	7.20	GL	428	10.15	2.63	3656	55.2	58.2	1.05	
28	17	8/6AAU	15.2	30.5	25.0	182.5	7.30	GL	405	16.33	4.30	3016	52.2	65.2	1.25	
29	17	8/4AU	15.2	30.5	25.4	243.8	9.59	GL	373	10.15	2.63	3037	35.3	32.5	0.92	
30	17	8/5AU	15.2	30.5	25.2	243.4	9.65	GL	373	12.83	3.35	3115	40.2	35.0	0.87	
31	17	8/6AU	15.2	30.5	25.0	243.5	9.74	GL	401	16.33	4.30	2833	47.3	39.1	0.82	
32	17	8/4CU	15.2	30.5	25.4	304.8	12.00	GL	379	10.15	2.63	3199	29.3	25.6	0.87	
33	17	8/5CU	15.2	30.5	25.2	304.2	12.07	GL	379	12.83	3.35	2587	28.9	27.7	0.95	
34	17	8/6CU	15.2	30.5	25.1	305.2	12.15	GL	432	16.40	4.30	2538	32.9	32.0	0.97	
35	17	9/3AAU	15.2	30.5	25.6	183.3	7.16	GL	142	7.74	1.99	2904	38.3	30.8	0.80	
36	17	9/4AAU	15.2	30.5	25.4	182.9	7.20	GL	139	10.15	2.63	1962	33.5	33.2	0.98	
37	17	9/6AAU	15.2	30.5	25.0	182.5	7.30	GL	152	16.33	4.30	2011	40.9	40.0	0.97	
38	17	9/3AU	15.2	30.5	25.6	244.2	9.53	GL	154	7.74	1.99	3129	29.0	19.1	0.66	
39	17	9/4AU	15.2	30.5	25.4	243.8	9.59	GL	143	10.15	2.63	3599	24.4	20.1	0.82	
40	17	9/6AU	15.2	30.5	25.0	243.5	9.74	GL	140	16.33	4.30	1716	24.2	23.1	0.95	



TAFEL 2. RECHTECKBALKEN OHNE SCHUBFWEHRUNG, GLEICHLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNUNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	L/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL o/o	BETAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUVO KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	VERH
41	[17]	9/3CU	15.2	30.5	25.6	305.2	11.92	GL		137	7.39	1.90	2475	17.7	13.8	0.78
42	17	9/4CU	15.2	30.5	25.4	304.8	12.00	GL		193	10.15	2.63	2559	21.3	18.2	0.85
43	17	9/5CU	15.2	30.5	25.2	304.2	12.07	GL		166	12.83	3.35	2039	24.4	18.3	0.75
44	17	9/6CU	15.2	30.5	25.0	304.3	12.17	GL		154	16.33	4.30	2053	21.9	19.1	0.87
45	17	9/4EU	15.2	30.5	25.4	365.8	14.40	GL		162	10.15	2.63	2355	15.1	15.9	1.05
46	17	9/5EU	15.2	30.5	25.2	364.9	14.48	GL		170	12.83	3.35	2566	19.4	17.6	0.90
47	17	9/3GU	15.2	30.5	25.6	427.5	16.69	GL		152	7.74	1.99	3030	14.2	13.6	0.95
48	17	9/5GU	15.2	30.5	25.2	425.9	16.90	GL		126	12.83	3.35	2060	14.6	14.7	1.00
49	17	10/U	20.3	53.3	48.3	305.3	6.32	GL		238	15.29	1.56	3979	29.0	38.1	1.31
50	17	82/OU	25.4	50.8	45.6	366.2	8.03	GL		437	25.71	2.22	2538	28.5	37.1	1.30
51	[8]	D15	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		325	3.86	1.01	4700	26.2	24.6	0.93
52	8	D14	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		392	3.86	1.01	4710	27.4	27.1	0.98
53	8	D16	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		484	3.86	1.01	5880	32.2	30.1	0.93
54	8	D13	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		245	3.86	1.01	4730	16.5	16.0	0.96
55	8	D17	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		514	3.86	1.01	5880	20.1	23.2	1.15
56	8	D5	15.2	30.5	27.6	168.0	6.08	GL		317	5.66	1.35	3680	34.0	50.7	1.48
57	8	D9	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		245	12.87	3.36	2960	31.9	31.9	1.00
58	8	D10	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		299	12.87	3.36	2740	35.2	35.3	1.00
59	8	D11	15.2	30.5	25.2	224.0	8.88	GL		492	12.87	3.36	3400	44.9	45.3	1.00
60	8	D7	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		238	12.87	3.36	2960	29.3	23.5	0.80
61	8	D6	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		292	12.87	3.36	3170	31.6	26.1	0.82
62	8	D1	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		377	12.87	3.36	3020	28.2	29.7	1.05
63	8	D2	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		470	12.87	3.36	3140	33.5	33.1	0.98
64	8	D8	15.2	30.5	25.2	280.0	11.11	GL		553	12.87	3.36	4010	37.4	35.9	0.96
65	8	D3	15.2	30.5	25.2	335.0	13.29	GL		407	12.87	3.36	3200	28.6	27.6	0.96
66	8	D18	15.2	30.5	25.2	391.0	15.51	GL		358	12.87	3.36	3480	22.2	25.3	1.14
67	[11]	B0 1	10.0	24.0	20.0	144.0	7.20	GL		263	7.40	3.70	4360	48.6	54.3	1.11
68	11	B0 2	10.0	24.0	20.0	144.0	7.20	GL		263	7.40	3.70	4360	45.7	54.3	1.18
69	11	B0 3	10.0	24.0	19.9	144.0	7.23	GL		263	7.36	3.70	4360	48.6	53.8	1.10
70	11	B0 4	10.0	24.0	20.0	144.0	7.20	GL		263	7.40	3.70	4360	44.5	54.3	1.21
71	11	B0 5	10.0	24.0	20.0	144.0	7.20	GL		263	7.40	3.70	4360	42.0	54.3	1.29
72	11	B0 6	10.0	24.0	20.0	144.0	7.20	GL		263	7.40	3.70	4360	42.9	54.3	1.26
73	10	11/1	19.0	32.0	29.0	150.0	5.17	GL		418	10.30	1.87	4200	60.6	75.9	1.25
74	10	11/2	19.0	32.0	29.6	150.0	5.06	GL		418	10.57	1.88	4200	64.0	77.0	1.20
75	10	12/1	19.0	32.0	27.3	200.0	7.32	GL		403	10.58	2.04	4200	46.5	49.3	1.06
76	10	12/2	18.9	32.0	27.2	200.0	7.35	GL		403	10.59	2.06	4200	37.7	49.1	1.30
77	10	13/1	19.0	32.0	27.3	250.0	9.15	GL		409	10.58	2.04	4200	32.5	32.8	1.01
78	10	13/2	18.9	32.0	27.2	250.0	9.19	GL		409	10.59	2.06	4200	32.6	32.8	1.00
79	10	14/1	19.0	32.0	27.3	300.0	10.98	GL		397	10.58	2.04	4200	25.0	25.5	1.02
80	10	14/2	19.0	32.0	27.3	300.0	10.98	GL		397	10.58	2.04	4200	25.1	25.5	1.01

TAFEL 2. RECHTECKALKEN OHNE SCHUBREWEHRUNG, GLEICHLAST

NR.	LIT.	BEZFECHNG.	B CM	D CM	H CM	L CM	L/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MUEL %	BETAS KP/CM <sup>2</sup>	TAIUV KP/CM <sup>2</sup>	TAIUO KP/CM <sup>2</sup>	VERH
81	10	15/1	19.0	32.0	27.2	400.0	14.70	GL		420	10.59	2.05	4200	22.5	23.0	1.02
82	10	15/2	18.9	32.0	27.3	400.0	14.65	GL		420	10.57	2.05	4200	23.8	23.0	0.97
83	10	16/1	19.0	32.0	27.3	500.0	18.31	GL		414	10.58	2.04	4200	22.6	21.7	0.96
84	10	16/2	18.9	32.0	27.4	500.0	18.24	GL		414	10.61	2.05	4200	22.5	21.8	0.96
85	10	17/2	18.9	32.0	27.4	600.0	21.89	GL		389	10.56	2.04	4200	20.5	20.0	0.97
86	10	G 6	19.0	32.0	27.0	200.0	7.40	GL		332	12.67	2.47	4200	47.8	46.8	0.97

TAFEL 3. PLATTENRAKLEN OHNE SCHUBFWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNG.	R CM	RPL CM	TPL CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM2	BETAW KP/CM2	FE CM2	MUEL %	BETAS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUD KP/CM2	VERH
1	[20]	12	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	127,0	25,4	2,00	2	302	2,53	2,63	3800	32,5	36,1	1,11	
2	20	6	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	127,0	25,4	2,00	2	326	1,42	1,48	3800	43,6	31,0	0,71	
3	20	11	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	127,0	43,2	3,40	2	344	2,52	2,62	3800	21,0	19,1	0,91	
4	20	2	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	127,0	43,2	3,40	2	334	1,41	1,47	3800	17,4	15,5	0,89	
5	20	21	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	127,0	43,2	3,40	2	351	2,52	2,62	3800	21,7	19,3	0,89	
6	20	15	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	142,2	50,8	4,00	2	302	2,52	2,62	3800	20,8	17,6	0,84	
7	20	3	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	142,2	50,8	4,00	2	326	1,41	1,47	3800	17,3	15,0	0,87	
8	20	10	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	142,2	50,8	4,00	2	344	2,52	2,62	3800	17,8	18,7	1,05	
9	20	4	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	142,2	50,8	4,00	2	319	1,41	1,47	3800	16,8	14,9	0,88	
10	20	13	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	142,2	50,8	4,00	2	345	2,52	2,62	3800	20,5	18,8	0,91	
11	20	5	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	147,2	53,3	4,19	2	327	1,41	1,47	3800	17,2	14,9	0,87	
12	20	18	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	322	2,52	2,62	3800	16,9	17,8	1,05	
13	20	1	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	325	1,41	1,47	3800	15,2	14,7	0,97	
14	20	22	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	344	1,41	1,47	3800	15,8	15,1	0,96	
15	20	7	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	305	2,52	2,62	3800	16,3	17,3	1,06	
16	20	24	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	341	2,52	2,62	3800	18,6	18,3	0,98	
17	20	16	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	154,8	57,1	4,49	2	339	2,52	2,62	3800	17,9	18,2	1,02	
18	20	17	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	180,2	69,8	5,49	2	355	2,52	2,62	3800	16,7	17,9	1,07	
19	20	8	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	180,2	69,8	5,49	2	315	2,52	2,62	3800	16,2	16,9	1,04	
20	20	25	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	180,2	69,8	5,49	2	312	2,52	2,62	3800	15,6	16,8	1,08	
21	20	9	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	205,6	82,5	6,49	2	380	2,52	2,62	3800	17,1	17,8	1,04	
22	20	20	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	205,6	82,5	6,49	2	331	3,95	4,10	3800	18,1	19,3	1,06	
23	20	14	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	228,6	94,0	7,40	2	325	2,52	2,62	3800	15,3	15,8	1,03	
24	20	23	7,6	33.0	3.2	14,6	12,7	228,6	94,0	7,40	2	339	3,95	4,10	3800	16,9	18,8	1,11	
25	[21]	A 1	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	357	10,23	4,78	4200	15,9	21,0	1,32	
26	21	A 2	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	328	10,23	4,78	4200	14,8	20,1	1,36	
27	21	A 3	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	421	10,23	4,78	4200	18,3	22,8	1,24	
28	21	A 4	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	419	10,23	4,78	4200	17,2	22,8	1,32	
29	21	A 5	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	544	10,23	4,78	4200	18,6	25,9	1,39	
30	21	A 6	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	464	10,23	4,78	4200	19,4	24,0	1,23	
31	21	B 1	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	428	10,23	4,78	4200	19,3	23,0	1,19	
32	21	B 2	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	402	10,23	4,78	4200	17,2	22,3	1,29	
33	21	B 3	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	479	10,23	4,78	4200	21,5	24,3	1,13	
34	21	B 4	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	520	10,23	4,78	4200	23,9	25,4	1,06	
35	21	B 5	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	492	10,23	4,78	4200	20,9	24,7	1,18	
36	21	C 1	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	402	10,23	4,78	4200	23,9	22,3	0,93	
37	21	C 2	10,2	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	402	10,23	4,78	4200	21,1	22,3	1,05	
38	21	D 1	17,8	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	375	10,20	2,73	4200	15,2	17,9	1,17	
39	21	D 2	17,8	43.2	3.8	24,1	21,0	162,5	71,0	3,38	2	355	10,20	2,73	4200	16,2	17,4	1,07	
40	21	N 1	10,8	48.3	3.8	19,0	17,8	213,5	71,0	3,98	2	248	5,69	2,96	4200	14,5	15,2	1,05	

TAFEL 3, PLATTENBALKEN OHNE SCHUBREWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	LIT.	BEZEICHNG.	B CM	BPL CM	TPL CM	D CM	H CM	L CM	A CM	A/H	LA	BETAC KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	BETAW KP/CM <sup>2</sup>	FE CM <sup>2</sup>	MIEL %/D	BETAS KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUV KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	TAUUD KP/CM <sup>2</sup> KP/CM <sup>2</sup>	VERH
41	[21]	N 2	10,8	48,3	3,8	19,0	17,8	213,5	71,0	3,98	2		247	5,69	2,96	4200	14,5	15,2	1,05
42	21	N 3	10,8	48,3	3,8	19,0	17,8	213,5	71,0	3,98	2		209	5,69	2,96	4200	13,0	14,0	1,07
43	21	G 4	10,8	56,0	3,8	14,0	11,4	213,5	71,0	6,22	2		275	5,66	4,60	4200	13,2	19,0	1,44
44	21	G 5	10,8	56,0	3,8	14,0	11,4	213,5	71,0	6,22	2		261	5,66	4,60	4200	14,9	18,5	1,24
45	21	G 6	10,8	56,0	3,8	14,0	11,4	213,5	71,0	6,22	2		262	5,66	4,60	4200	16,6	18,5	1,11
46	21	L 1	10,8	48,3	3,8	19,0	15,9	213,5	71,0	4,46	2		261	5,68	3,31	4200	18,6	16,4	0,88
47	21	L 2	10,8	48,3	3,8	19,0	15,9	213,5	71,0	4,46	2		272	5,68	3,31	4200	20,2	16,7	0,83
48	21	L 3	10,8	48,3	3,8	19,0	15,9	213,5	71,0	4,46	2		266	5,70	3,32	4200	18,6	16,5	0,89
49	[22]	IIA-1M	17,8	58,5	10,2	38,7	31,9	366,0	183,0	5,73	1		322	13,45	2,37	6480	17,5	13,0	0,74
50	22	IIC-1M	17,8	58,5	10,2	38,7	31,6	366,0	183,0	5,79	1		402	23,34	4,15	5880	20,9	17,5	0,83
51	[23]	T 2	15,2	61,0	7,6	30,5	27,2	183,0	91,5	3,36	1		286	6,07	1,47	6330	15,2	11,9	0,78
52	23	T 18	15,2	61,0	7,6	30,5	25,4	183,0	91,5	3,60	1		290	16,09	4,17	6330	22,6	17,1	0,76
53	[27]	B1	20,5	60,0	15,0		35,0		180,0	5,14			574	13,99	1,95		18,3	16,3	0,89
54	27	B2	21,5	59,8	15,0		34,9		150,0	4,29			430	14,03	1,87		17,5	14,4	0,82
55	27	3	20,5	59,9	15,3		34,9		120,0	3,43			449	14,02	1,96		18,6	15,4	0,82
56	27	4	20,5	60,9	15,2		34,9		90,0	2,57			469	14,02	1,96		22,5	20,4	0,91
57	27	5	20,0	60,7	15,0		35,4		60,0	1,69			477	14,01	1,98		37,1	45,4	1,22
58	27	5E	20,6	60,4	15,0		35,4		60,0	1,69			420	14,07	1,93		42,5	42,2	0,99
59	[30]	TP1,5	15,2	38,1	7,6		19,7		29,5	1,49			384	7,60	2,54		58,1	61,0	1,05
60	30	TD1,5	15,2	38,1	7,6		19,7		29,5	1,49			384	7,60	2,54		58,1	61,0	1,05
61	30	TP2	15,2	38,1	7,6		19,7		39,4	2,00			344	7,60	2,54		50,3	34,1	0,67
62	30	TD2	15,2	38,1	7,6		19,7		39,4	2,00			344	7,60	2,54		46,4	34,1	0,73
63	30	TP3	15,2	38,1	7,6		19,7		59,1	3,00			351	7,60	2,54		29,4	18,2	0,62
64	30	TD3	15,2	38,1	7,6		19,7		59,1	3,00			351	7,60	2,54		27,9	18,2	0,65
65	30	TP4	15,2	38,1	7,6		19,7		78,7	3,99			397	7,60	2,54		19,7	17,9	0,90
66	30	TD4	15,2	38,1	7,6		19,7		78,7	3,99			397	7,60	2,54		17,8	17,9	1,00
67	30	TP5	15,2	38,1	7,6		19,7		98,4	4,99			364	7,60	2,54		22,5	16,4	0,73
68	30	TD5	15,2	38,1	7,6		19,7		98,4	4,99			364	7,60	2,54		18,6	16,4	0,88
69	30	TP6	15,2	38,1	7,6		19,7		118,1	5,99			371	7,60	2,54		18,6	15,9	0,85
70	30	TD6	15,2	38,1	7,6		19,7		118,1	5,99			371	7,60	2,54		17,8	15,9	0,89
71	30	TP7	15,2	38,1	7,6		19,7		137,8	6,99			417	7,60	2,54		17,8	16,2	0,91
72	30	TD7	15,2	38,1	7,6		19,7		137,8	6,99			417	7,60	2,54		17,8	16,2	0,91

TAFEL 4. RECHTECKRAHKFN MIT SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	VERFASSER	BEZEICHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUW KP/CM2	TAUW0 KP/CM2	TAUW1 KP/CM2	TAUW2 KP/CM2	VERH	
[24]	1	CLARK	A 1-1	20,3	39,0	2,34	0,46	90,0	1,0	295,3	3,10	12,81	32,77	21,73	11,67	33,41	1,01
	2	CLARK	A 1-2	20,3	39,0	2,34	0,46	90,0	1,0	284,3	3,10	12,81	30,75	21,32	11,67	33,00	1,07
	3	CLARK	A 1-3	20,3	39,0	2,34	0,46	90,0	1,0	280,3	3,10	12,81	32,77	21,17	11,67	32,85	1,00
	4	CLARK	A 1-4	20,3	39,0	2,34	0,46	90,0	1,0	297,3	3,10	12,81	35,94	21,80	11,67	33,48	0,93
	5	CLARK	B 1-1	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	280,3	3,10	12,47	41,00	29,68	6,09	35,77	0,87
	6	CLARK	B 1-2	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	304,3	3,10	12,47	37,68	30,93	6,09	37,02	0,98
	7	CLARK	B 1-3	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	284,3	3,10	12,47	41,86	29,90	6,09	35,99	0,85
	8	CLARK	B 1-4	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	280,3	3,10	12,47	39,26	29,68	6,09	35,77	0,91
	9	CLARK	B 1-5	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	295,3	3,10	12,47	35,37	30,47	6,09	36,56	1,03
	10	CLARK	B 2-1	20,3	39,0	1,95	0,24	90,0	1,0	279,3	3,10	24,60	44,17	29,63	12,01	41,65	0,94
	11	CLARK	B 2-2	20,3	39,0	1,95	0,24	90,0	1,0	315,3	3,10	24,60	47,35	31,48	12,01	43,50	0,91
	12	CLARK	B 2-3	20,3	39,0	1,95	0,24	90,0	1,0	299,3	3,10	24,60	49,08	30,67	12,01	42,69	0,86
	13	CLARK	B 6-1	20,3	39,0	1,95	0,48	90,0	1,0	506,3	3,10	12,47	55,72	39,91	6,09	46,00	0,82
	14	CLARK	C 1-1	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	307,2	2,07	11,46	40,71	40,80	0,74	41,55	1,02
	15	CLARK	C 1-2	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	315,2	2,07	11,46	45,47	41,33	0,74	42,08	0,92
	16	CLARK	C 1-3	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	287,2	2,07	11,46	36,09	39,45	0,74	40,20	1,11
	17	CLARK	C 1-4	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	348,2	2,07	11,46	42,01	43,44	0,74	44,19	1,05
	18	CLARK	C 2-1	20,3	39,0	1,56	0,26	90,0	1,0	284,2	2,07	23,25	42,44	39,24	1,51	40,76	0,96
	19	CLARK	C 2-2	20,3	39,0	1,56	0,26	90,0	1,0	299,2	2,07	23,25	44,17	40,27	1,51	41,78	0,94
	20	CLARK	C 2-3	20,3	39,0	1,56	0,26	90,0	1,0	289,2	2,07	23,25	47,49	39,59	1,51	41,10	0,86
	21	CLARK	C 2-4	20,3	39,0	1,56	0,26	90,0	1,0	324,2	2,07	23,25	42,15	41,92	1,51	43,43	1,03
	22	CLARK	C 3-1	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	168,2	2,07	11,46	32,91	30,18	0,74	30,93	0,93
	23	CLARK	C 3-2	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	165,2	2,07	11,46	29,45	29,91	0,74	30,66	1,04
	24	CLARK	C 3-3	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	167,2	2,07	11,46	27,57	30,09	0,74	30,84	1,11
	25	CLARK	C 4-1	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	293,3	3,10	11,46	45,33	45,60	0,74	46,35	1,02
	26	CLARK	C 6-2	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	541,3	3,10	11,46	62,07	61,97	0,74	62,72	1,01
	27	CLARK	C 6-3	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	535,3	3,10	11,46	63,95	61,63	0,74	62,37	0,97
	28	CLARK	C 6-4	20,3	39,0	1,56	0,52	90,0	1,0	571,3	3,10	11,46	62,79	63,66	0,74	64,41	1,02
	29	CLARK	D 1-1	20,3	39,0	1,17	0,38	90,0	1,0	314,1	1,63	15,50	44,17	50,84	0,00	50,84	1,15
	30	CLARK	D 2-1	20,3	39,0	1,17	0,29	90,0	1,0	287,1	1,63	20,56	42,58	48,60	0,00	48,60	1,14
	31	CLARK	D 2-2	20,3	39,0	1,17	0,29	90,0	1,0	311,1	1,63	20,56	45,76	50,59	0,00	50,59	1,10
	32	CLARK	D 2-3	20,3	39,0	1,17	0,29	90,0	1,0	297,1	1,63	20,56	49,08	49,44	0,00	49,44	1,00
	33	CLARK	D 2-4	20,3	39,0	1,17	0,29	90,0	1,0	293,1	1,63	20,56	49,08	49,11	0,00	49,11	1,00
	34	CLARK	D 3-1	20,3	39,0	1,17	0,19	90,0	1,0	338,2	2,44	31,00	58,03	60,34	0,00	60,34	1,03
	35	CLARK	D 4-1	20,3	39,0	1,17	0,14	90,0	1,0	278,1	1,63	41,11	45,76	47,83	0,00	47,83	1,04
	36	CLARK	D 1-6	15,2	31,4	1,94	0,64	90,0	1,0	332,3	3,42	15,50	42,62	35,71	7,01	42,73	1,00
	37	CLARK	D 1-7	15,2	31,4	1,94	0,64	90,0	1,0	337,3	3,42	15,50	44,06	35,98	7,01	42,99	0,97
	38	CLARK	D 1-8	15,2	31,4	1,94	0,64	90,0	1,0	334,3	3,42	15,50	45,26	35,82	7,01	42,83	0,94
	39	CLARK	E 1-2	15,2	31,4	2,02	0,40	90,0	1,0	361,3	3,42	24,60	53,88	33,88	13,15	47,03	0,87
	40	CLARK	D 2-6	15,2	31,4	2,43	0,48	90,0	1,0	365,3	3,42	20,56	40,95	24,69	19,65	44,35	1,08

TAFEL 4. RECHTECKALKEN MIT SCHÜBHEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	VERFASSER	REZEICHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESRS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUD KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
=====																	
[24]	41	CLARK	D 2-8	15.2	31.4	2.43	0.48	90.0	1.0	313.	3.42	20.56	40.95	22.86	19.65	42.52	1.03
	42	CLARK	D 4-1	15.2	31.4	2.43	0.60	90.0	1.0	328.	3.42	16.51	40.95	23.40	15.78	39.19	0.95
	43	CLARK	D 4-2	15.2	31.4	2.43	0.60	90.0	1.0	308.	3.42	16.51	38.31	22.68	15.78	38.46	1.00
	44	CLARK	D 4-3	15.2	31.4	2.43	0.60	90.0	1.0	265.	3.42	16.51	40.23	21.04	15.78	36.82	0.91
	45	CLARK	D 5-1	15.2	31.4	2.43	0.80	90.0	1.0	333.	3.42	12.47	35.44	23.58	11.92	35.50	1.00
	46	CLARK	D 5-2	15.2	31.4	2.43	0.80	90.0	1.0	348.	3.42	12.47	38.31	24.11	11.92	36.03	0.94
	47	CLARK	D 5-3	15.2	31.4	2.43	0.80	90.0	1.0	325.	3.42	12.47	38.31	23.30	11.92	35.22	0.91
[19]	48	BAHL	RS 1	24.0	30.0	3.00	0.53	90.0	1.0	335.	1.28	6.75	20.60	12.78	10.29	23.07	1.12
	49	BAHL	RS 2	24.0	60.0	3.00	0.26	90.0	1.0	313.	1.28	6.75	20.30	10.39	12.23	21.36	1.05
	50	BAHL	RS 3	24.0	90.0	3.00	0.17	90.0	1.0	328.	1.28	6.75	19.70	9.61	13.54	20.39	1.03
	51	BAHL	RS 4	24.0	120.0	3.00	0.13	90.0	1.0	317.	1.28	6.75	18.60	8.79	14.55	19.19	1.03
[17]	52	KREFELD	26-1	25.4	45.6	4.01	0.33	90.0	1.0	481.	2.22	5.58	20.70	15.26	9.44	24.71	1.19
	53	KREFELD	29A-1	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	467.	2.22	3.49	16.10	15.04	5.90	20.94	1.30
	54	KREFELD	29B-1	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	452.	2.22	3.49	16.10	14.79	5.90	20.70	1.28
	55	KREFELD	213.5-1	25.4	45.6	4.01	0.75	90.0	1.0	460.	2.22	2.44	14.80	14.92	4.12	19.05	1.28
	56	KREFELD	29A-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	446.	2.22	4.18	21.80	14.69	7.07	21.77	0.99
	57	KREFELD	29B-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	496.	2.22	4.18	20.30	15.50	7.07	22.57	1.11
	58	KREFELD	29C-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	290.	2.22	4.18	16.30	11.85	7.07	18.92	1.16
	59	KREFELD	29D-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	365.	2.22	4.18	16.60	13.29	7.07	20.37	1.22
	60	KREFELD	29E-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	583.	2.22	4.18	20.70	16.80	7.07	23.88	1.15
	61	KREFELD	29F-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	503.	2.22	4.18	23.60	15.61	7.07	22.68	0.96
	62	KREFELD	29G-2	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	189.	2.22	4.18	15.00	9.56	7.07	16.64	1.10
	63	KREFELD	213.5A-2	25.4	45.6	4.01	0.75	90.0	1.0	443.	2.22	2.44	16.30	14.65	4.12	18.78	1.15
	64	KREFELD	218A-2	25.4	45.6	4.01	1.00	90.0	1.0	451.	2.22	1.90	16.50	14.78	0.00	14.78	0.89
	65	KREFELD	29-3	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	411.	2.22	4.18	17.90	14.11	7.07	21.18	1.18
	66	KREFELD	318-1	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	487.	2.22	6.30	22.20	15.36	10.66	26.02	1.17
	67	KREFELD	321-1	25.4	45.6	4.01	1.17	90.0	1.0	465.	2.22	5.27	16.50	15.00	0.00	15.00	0.90
	68	KREFELD	315.5-2	25.4	45.6	4.01	1.00	90.0	1.0	476.	2.22	5.74	23.60	15.18	0.00	15.18	0.64
	69	KREFELD	318-2	25.4	45.6	4.01	1.16	90.0	1.0	467.	2.22	4.31	17.80	15.04	0.00	15.04	0.84
	70	KREFELD	321-2	25.4	45.6	4.01	1.16	90.0	1.0	457.	2.22	3.59	16.80	14.87	0.00	14.87	0.88
	71	KREFELD	39-3	25.4	45.6	4.01	0.50	90.0	1.0	513.	2.22	6.74	24.10	15.76	11.40	27.17	1.12
	72	KREFELD	313.5-3	25.4	45.6	4.01	0.75	90.0	1.0	513.	2.22	4.50	21.40	15.76	7.61	23.38	1.09
	73	KREFELD	318-3	25.4	45.6	4.01	1.00	90.0	1.0	515.	2.22	3.37	17.60	15.79	0.00	15.79	0.89
	74	KREFELD	321-3	25.4	45.6	4.01	1.16	90.0	1.0	515.	2.22	2.81	14.10	15.79	0.00	15.79	1.12
[23]	75	PLACAS, REGAN	R 8	15.2	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	320.	1.46	5.80	22.40	12.59	8.62	21.22	0.94
	76	PLACAS, REGAN	R 9	15.2	27.2	3.36	0.27	90.0	1.0	352.	1.46	11.70	29.40	13.21	17.40	27.69	0.94
	77	PLACAS, REGAN	R 10	15.2	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	353.	0.98	5.80	21.10	11.58	8.62	20.21	0.95
	78	PLACAS, REGAN	R 11	15.2	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	314.	1.95	5.80	25.10	13.74	8.62	22.36	0.89
	79	PLACAS, REGAN	R 12	15.2	25.4	3.60	0.59	90.0	1.0	408.	4.16	5.80	33.00	20.38	8.48	28.86	0.87
	80	PLACAS, REGAN	R 13	15.2	25.4	3.60	0.29	90.0	1.0	388.	4.16	11.70	45.00	19.87	17.10	36.98	0.82

TAFEL 4, RECHTECKBALKEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	VERFASSER	BEZETCHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUVO KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
[23]	81	PLACAS,REGAN	R 14	15.2	27.2	3.36	0.84	90.0	1.0	348.	1.46	3.90	25.10	13.13	5.80	18.93	0.75
	82	PLACAS,REGAN	R 15	15.2	25.4	3.60	0.29	90.0	1.0	358.	4.16	11.70	42.20	19.09	17.10	36.19	0.85
	83	PLACAS,REGAN	R 16	15.2	25.4	3.60	0.29	90.0	1.0	379.	4.16	11.70	42.20	19.64	17.10	36.75	0.87
	84	PLACAS,REGAN	R 17	15.2	27.2	3.36	0.27	90.0	1.0	153.	1.46	5.80	19.60	8.71	8.62	17.33	0.88
	85	PLACAS,REGAN	R 18	15.2	27.2	3.36	0.55	45.0	1.0	375.	1.46	5.80	24.80	13.63	8.62	22.26	0.89
	86	PLACAS,REGAN	R 19	15.2	27.2	3.36	0.37	45.0	1.0	363.	1.46	11.70	33.90	13.41	17.40	28.04	0.82
	87	PLACAS,REGAN	R 20	15.2	27.2	3.36	0.27	90.0	1.0	515.	1.46	5.80	25.30	15.98	8.62	24.60	0.97
	88	PLACAS,REGAN	R 21	15.2	25.4	3.60	0.29	90.0	1.0	578.	4.16	11.70	45.00	24.25	17.10	41.36	0.91
	89	PLACAS,REGAN	R 22	15.2	27.2	4.50	0.55	90.0	1.0	354.	1.46	5.80	22.40	12.71	8.62	21.34	0.95
	90	PLACAS,REGAN	R 24	15.2	25.4	5.40	0.59	90.0	1.0	370.	4.16	5.80	27.80	18.08	8.48	26.56	0.95
	91	PLACAS,REGAN	R 25	15.2	25.4	3.60	0.59	90.0	1.0	369.	4.16	5.80	31.50	19.38	8.48	27.86	0.88
	92	PLACAS,REGAN	R 27	15.2	25.4	3.60	0.29	90.0	1.0	164.	4.16	11.70	28.60	12.92	17.10	27.10	0.94
	93	PLACAS,REGAN	R 28	15.2	25.4	3.60	0.44	90.0	1.0	379.	4.16	22.90	54.10	19.64	33.48	43.10	0.79
[25]	94	REGAN	R6	10.2	19.1	1.93	0.79	90.0	1.0	310.	1.47	9.63	35.99	29.86	3.75	33.62	0.93
[26]	95	JOHNSON+COX	R1-I	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.78	3.23	12.61	9.58	4.94	14.52	1.15
	96	JOHNSON+COX	R2-II	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.82	3.23	12.61	9.74	4.94	14.68	1.16
	97	JOHNSON+COX	R3-II	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.83	3.23	14.78	9.78	4.94	14.72	0.99
	98	JOHNSON+COX	I1-I	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.82	3.23	12.85	9.74	4.94	14.68	1.14
	99	JOHNSON+COX	I1-II	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.82	3.23	12.69	9.74	4.94	14.68	1.15
	100	JOHNSON+COX	I1-I	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.87	3.23	15.10	9.93	4.94	14.88	0.98
	101	JOHNSON+COX	I2-I	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.81	3.23	13.18	9.70	4.94	14.64	1.11
	102	JOHNSON+COX	I2-II	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.81	3.23	12.77	9.70	4.94	14.64	1.14
	103	JOHNSON+COX	I3-I	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.78	3.23	11.99	9.58	4.94	14.52	1.21
	104	JOHNSON+COX	I3-II	30.5	30.5	3.00	0.66	90.0	1.0	264.	0.78	3.23	12.69	9.58	4.94	14.52	1.14
[3]	105	MOODY+VIESE	III-30	17.8	53.3	1.52	0.28	90.0	1.0	304.	4.25	17.29	58.73	49.36	0.40	49.77	0.84
[27]	106	PETERSON	A3B	20.9	35.2	3.41	0.36	90.0	1.0	476.	1.92	9.28	29.08	15.75	14.72	30.47	1.04
[28]	107	SUNDERLAND	2-A	12.7	21.7	3.89	0.35	90.0	1.0	397.	3.78	14.83	42.02	20.03	20.84	40.33	0.95
	108	SUNDERLAND	2-B	12.7	21.7	3.91	0.58	90.0	1.0	407.	3.78	8.79	34.31	20.26	12.35	32.62	0.95
	109	SUNDERLAND	2-C	12.7	21.7	3.91	0.82	90.0	1.0	381.	3.78	6.26	35.11	19.60	8.80	28.40	0.80
	110	SUNDERLAND	D1	12.7	21.7	3.91	1.05	90.0	1.0	332.	3.78	4.85	24.99	18.30	0.00	18.30	0.73
	111	SUNDERLAND	D2	12.7	21.7	2.94	1.05	90.0	1.0	332.	3.78	4.85	29.73	20.19	0.00	20.19	0.67
	112	SUNDERLAND	3-A1	12.7	45.0	1.88	0.56	90.0	1.0	371.	3.20	4.50	34.63	36.32	1.92	38.24	1.10
	113	SUNDERLAND	3-A4	12.7	45.1	1.88	0.39	90.0	1.0	313.	3.20	6.33	34.71	33.34	2.70	36.05	1.03
	114	SUNDERLAND	3-B1	12.7	44.4	1.90	0.74	90.0	1.0	332.	3.20	3.37	35.11	33.66	1.51	35.17	1.00
	115	SUNDERLAND	3-B2	12.7	44.4	1.90	0.91	90.0	1.0	332.	3.20	2.67	32.14	33.66	1.19	34.86	1.08
	116	SUNDERLAND	5-A1	12.7	21.2	3.99	0.35	90.0	1.0	471.	4.51	35.01	58.33	23.18	48.93	52.92	0.90
	117	SUNDERLAND	5-A2	12.7	21.2	3.99	0.59	90.0	1.0	471.	4.51	21.09	51.90	23.18	29.47	48.30	0.93
	118	SUNDERLAND	5-B1	12.7	21.7	3.92	0.82	90.0	1.0	446.	4.51	15.18	43.39	22.49	21.34	43.83	1.01
	119	SUNDERLAND	5-B2	12.7	21.7	3.92	1.05	90.0	1.0	446.	4.51	11.81	38.16	22.49	0.00	22.49	0.58
	120	SUNDERLAND	7-A1	12.7	21.1	4.02	0.36	90.0	1.0	514.	4.51	28.40	57.61	24.22	39.64	52.76	0.91

TAFEL 4, RECHTECKBALKEN MIT SCHUBREWEHRUNG, FINZFELLAST

NR.	VERFASSER	RFZFTCHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUVO KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
[28]	121	SUNDERLAND	7-A2	12,7	21,1	4,02	0,60	90,0	1,0	514,	4,51	17,15	44,43	24,22	23,94	48,16	1,08
	122	SUNDERLAND	7-B1	12,7	21,1	4,02	0,84	90,0	1,0	377,	4,51	12,09	39,05	20,74	16,87	37,62	0,96
	123	SUNDERLAND	7-B2	12,7	21,1	4,02	1,08	90,0	1,0	377,	4,51	9,56	34,63	20,74	0,00	20,74	0,59
	124	SUNDERLAND	9-A	7,6	22,5	1,88	0,08	90,0	1,0	505,	2,64	34,45	69,50	47,26	12,38	59,65	0,85
	125	SUNDERLAND	9-B	7,6	22,5	1,88	0,20	90,0	1,0	451,	2,64	36,20	67,17	44,67	13,01	57,68	0,85
	126	SUNDERLAND	9-C	7,6	22,5	1,90	0,40	90,0	1,0	457,	2,67	33,39	69,66	44,07	12,63	56,70	0,81
	127	SUNDERLAND	9-D	7,6	21,9	1,93	0,64	90,0	1,0	384,	2,63	33,18	58,17	39,00	13,40	52,40	0,90
	128	SUNDERLAND	9-E1	7,6	22,0	1,92	0,88	90,0	1,0	399,	2,60	31,35	50,70	40,05	12,38	52,43	1,03
	129	SUNDERLAND	9-E2	7,6	22,0	1,92	0,88	90,0	1,0	399,	2,60	31,35	59,53	40,05	12,38	52,43	0,88
[10]	130	LEONHARDT	E 2	19,0	27,0	2,78	0,74	45,0	1,0	380,	2,47	15,66	38,00	18,99	19,84	38,26	1,00
	131	LEONHARDT	E 3	19,0	27,0	2,78	0,46	45,0	1,0	352,	2,47	14,74	41,50	18,27	18,67	36,68	0,88
	132	LEONHARDT	E 5/2	19,0	27,0	2,04	0,33	90,0	1,0	352,	2,47	14,47	38,00	30,65	7,73	38,39	1,01
[29]	133	MORETTO	1AV1/4 1	14,0	49,5	1,64	0,33	90,0	1,5	302,	1,86	9,04	39,25	34,27	2,18	36,46	0,92
	134	MORETTO	1AV1/4 2	14,0	49,5	1,64	0,33	90,0	1,5	284,	1,86	9,04	39,91	33,23	2,18	35,42	0,88
	135	MORETTO	1AV3/8 1	14,0	49,5	1,64	0,33	90,0	1,5	280,	1,86	22,75	43,04	33,00	5,50	38,50	0,89
	136	MORETTO	1AV3/8 2	14,0	49,5	1,64	0,33	90,0	1,5	272,	1,86	22,75	44,53	32,52	5,50	38,03	0,85
	137	MORETTO	1 V1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	321,	4,00	10,84	46,45	41,66	4,60	46,27	0,99
	138	MORETTO	1 V1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	252,	4,00	10,84	46,62	36,91	4,60	41,52	0,89
	139	MORETTO	2 V1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	387,	4,00	10,84	54,01	45,74	4,60	50,35	0,93
	140	MORETTO	2 V1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	408,	4,00	10,84	53,66	46,97	4,60	51,57	0,96
	141	MORETTO	1 I1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	333,	4,00	10,84	50,49	42,43	4,60	47,04	0,93
	142	MORETTO	1 I1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	295,	4,00	10,84	45,74	39,93	4,60	44,54	0,97
	143	MORETTO	2 I1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	400,	4,00	10,84	57,18	46,50	4,60	51,11	0,89
	144	MORETTO	2 I1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	378,	4,00	10,84	47,68	45,21	4,60	49,81	1,04
	145	MORETTO	1 O1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	278,	4,00	10,84	45,92	38,77	4,60	43,38	0,94
	146	MORETTO	1 O1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	298,	4,00	10,84	48,38	40,14	4,60	44,75	0,92
	147	MORETTO	2 O1/4 1	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	279,	4,00	10,84	56,65	38,84	4,60	43,45	0,76
	148	MORETTO	2 O1/4 2	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	293,	4,00	10,84	55,42	39,80	4,60	44,41	0,80
	149	MORETTO	1 V3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	229,	4,00	20,83	57,00	35,18	8,85	44,04	0,77
	150	MORETTO	1 V3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	285,	4,00	20,83	60,17	39,25	8,85	48,11	0,79
	151	MORETTO	2 V3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	353,	4,00	20,83	59,11	43,69	8,85	52,54	0,88
	152	MORETTO	2 V3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,35	90,0	1,5	329,	4,00	20,83	55,42	42,17	8,85	51,03	0,92
	153	MORETTO	1 I3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	313,	4,00	20,83	64,92	41,14	8,85	49,99	0,77
	154	MORETTO	1 I3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	279,	4,00	20,83	61,75	38,84	8,85	47,69	0,77
	155	MORETTO	2 I3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	348,	4,00	20,83	68,09	43,37	8,85	52,23	0,76
	156	MORETTO	2 I3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,38	67,5	1,5	344,	4,00	20,83	65,80	43,12	8,85	51,98	0,79
	157	MORETTO	1 O3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	244,	4,00	20,83	51,90	36,32	8,85	45,17	0,87
	158	MORETTO	1 O3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	229,	4,00	20,83	50,67	35,18	8,85	44,04	0,86
	159	MORETTO	2 O3/8 1	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	313,	4,00	20,83	55,77	41,14	8,85	49,99	0,89
	160	MORETTO	2 O3/8 2	14,0	46,4	1,75	0,50	45,0	1,5	297,	4,00	20,83	58,76	40,07	8,85	48,93	0,83



TAFEL 4. RECHTECKRALEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	VERFASSER	BEZETCHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESRS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUO KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
[14]	161	BRESLER+SC.	A-1	30.7	46.5	3.92	0.45	90.0	1.5	289.	1.80	3.32	19.10	11.01	8.47	19.48	1.02
	162	BRESLER+SC.	A-2	30.5	46.3	4.93	0.45	90.0	1.5	291.	2.28	3.32	20.00	11.51	8.46	19.97	0.99
	163	BRESLER+SC.	B-1	23.1	46.1	3.95	0.41	90.0	1.5	297.	2.43	4.65	24.40	12.35	11.83	24.19	0.99
	164	BRESLER+SC.	B-2	22.9	46.5	4.91	0.40	90.0	1.5	278.	2.43	4.65	21.90	11.48	11.86	23.10	1.05
	165	BRESLER+SC.	C-1	15.5	46.3	3.95	0.45	90.0	1.5	355.	1.80	6.31	24.50	12.21	16.08	25.59	1.04
	166	BRESLER+SC.	C-2	15.2	46.4	4.93	0.45	90.0	1.5	286.	3.66	6.64	26.50	13.35	16.93	27.80	1.04
	167	BRESLER+SC.	XB-1	23.1	45.8	4.00	0.41	90.0	1.5	294.	2.44	5.13	22.09	12.30	13.03	24.85	1.12
	168	BRESLER+SC.	RA-1	30.5	45.8	3.98	0.45	90.0	1.5	299.	1.66	3.52	16.71	10.92	8.94	19.87	1.18
	169	BRESLER+SC.	RB-1	22.9	45.9	3.98	0.41	90.0	1.5	295.	2.22	5.20	22.25	11.94	13.22	24.30	1.09
	170	BRESLER+SC.	RC-1	15.5	45.9	3.98	0.45	90.0	1.5	350.	1.63	6.96	22.58	11.74	17.69	25.20	1.11
[31]	171	SMITH	RI-1 B	20.3	24.4	2.60	0.72	90.0	1.5	271.	3.68	11.50	38.80	20.74	18.31	39.06	1.00
	172	SMITH	RI-2 B	20.3	24.4	2.63	0.28	90.0	1.5	303.	3.68	13.00	45.40	21.54	21.26	42.81	0.94
	173	SMITH	RI-3 B	20.3	24.4	2.60	1.01	45.0	1.5	303.	3.68	11.70	46.20	21.93	18.63	40.56	0.87
	174	SMITH	RI-4 B	20.3	24.4	2.70	0.40	45.0	1.5	311.	3.68	13.00	48.70	20.97	22.58	42.46	0.87
	175	SMITH	RI-5 B	20.3	24.4	2.88	0.70	90.0	1.5	279.	3.68	12.00	46.20	18.23	23.97	38.20	0.82
	176	SMITH	RI-6 B	20.3	24.4	2.91	0.29	90.0	1.5	300.	3.68	12.60	48.60	18.68	25.72	39.47	0.81
	177	SMITH	RI-7 B	20.3	24.4	2.34	0.23	90.0	1.5	311.	3.68	15.90	63.50	26.56	19.33	45.90	0.72
	178	SMITH	RI-8 B	20.3	24.4	2.34	0.57	90.0	1.5	259.	3.68	14.60	45.00	24.24	17.75	42.00	0.93
	179	SMITH	RI-9 B	20.3	24.4	3.00	0.72	45.0	1.5	291.	3.42	7.10	35.80	17.41	15.41	32.83	0.91
	180	SMITH	RII-2 B	20.3	24.4	2.73	0.25	90.0	1.5	259.	4.51	14.30	50.70	20.15	25.46	41.94	0.82
	181	SMITH	RII-3 B	20.3	24.4	2.73	0.20	90.0	1.5	285.	4.51	17.80	53.30	21.14	31.69	45.34	0.85
[32]	182	WEHR	II-T-2	15.2	28.4	2.86	0.53	90.0	1.0	332.	1.37	5.39	25.28	13.88	7.34	21.23	0.84
	183	WEHR	II-T-3	15.2	28.4	2.86	0.30	90.0	1.0	321.	1.37	9.25	28.54	13.65	12.61	26.26	0.92
	184	WEHR	III-T-2	15.2	28.4	3.93	0.71	90.0	1.0	361.	1.37	4.11	15.14	12.71	6.18	18.89	1.24
	185	WEHR	III-T-3	15.2	28.4	3.93	0.48	90.0	1.0	343.	1.37	5.91	15.61	12.39	8.88	21.27	1.36
	186	WEHR	III-T-4	15.2	28.4	3.93	0.35	90.0	1.0	308.	1.37	8.22	17.13	11.74	12.36	23.68	1.38
	187	WEHR	IV-T-2	15.2	28.4	5.00	1.07	90.0	1.0	387.	1.37	1.57	15.03	12.62	0.00	12.62	0.83
	188	WEHR	IV-T-3	15.2	28.4	5.00	0.71	90.0	1.0	323.	1.37	2.28	14.56	11.53	3.42	14.96	1.02
[33]	189	REGAN/MITRA	CC-1	15.2	26.3	2.90	0.28	90.0	1.0	432.	2.00	15.98	42.29	18.02	22.00	37.29	0.88
[34]	190	REGAN/MITRA	CC-2	15.2	26.3	2.90	0.28	90.0	1.0	408.	2.00	15.98	36.46	17.52	22.00	36.42	0.99
	191	REGAN/MITRA	CC-3	15.2	26.3	2.90	0.58	90.0	1.0	488.	2.00	7.99	18.99	19.16	11.00	30.16	1.58
	192	REGAN/MITRA	CC-4	15.2	26.3	2.90	0.58	90.0	1.0	453.	2.00	7.99	23.30	18.46	11.00	29.46	1.26
	193	REGAN/MITRA	CC-5	10.2	19.1	3.20	0.80	90.0	1.0	284.	1.47	9.71	25.28	13.19	13.22	26.39	1.04
	194	REGAN/MITRA	CC-6	10.2	19.1	3.20	0.39	90.0	1.0	329.	1.47	19.91	38.91	14.20	27.11	31.81	0.81
[35]	195	ALATOR/CASIL	A-2	12.0	34.0	2.21	1.00	90.0	1.0	309.	1.36	3.87	24.00	19.34	2.88	22.22	0.92
	196	ALATOR/CASIL	A-3	12.0	34.0	2.21	0.50	90.0	1.0	293.	1.36	7.85	23.30	18.83	5.84	24.68	1.05
	197	ALATOR/CASIL	B-3	12.0	34.0	2.21	0.50	90.0	1.0	293.	1.36	7.85	25.63	18.83	5.84	24.68	0.96
	198	ALATOR/CASIL	A-5	12.0	34.0	2.21	1.00	90.0	1.0	297.	1.36	3.87	25.16	18.96	2.88	21.84	0.86
	199	ALATOR/CASIL	A-6	12.0	34.0	2.21	1.00	90.0	1.0	312.	1.36	3.87	22.02	19.43	2.88	22.32	1.01
	200	ALATOR/CASIL	B-6	12.0	34.0	2.21	1.00	90.0	1.0	312.	1.36	3.87	21.44	19.43	2.88	22.32	1.04

TAFEL 4, RECHTECKBALKEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR.	VERFASSER	BEZEICHN	B CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MUEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUO KP/CM2	TAUU1 KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
[35]	201	ALATOR/CASIL	A-7	12,0	34,0	2,21	0,50	90,0	1,0	296,1	1,36	7,85	27,03	18,93	5,84	24,77	0,91
	202	ALATOR/CASIL	B-7	12,0	34,0	2,21	0,50	90,0	1,0	296,1	1,36	7,85	34,13	18,93	5,84	24,77	0,72
	203	ALATOR/CASIL	A-9	12,0	34,0	2,21	1,00	90,0	1,0	287,1	1,36	3,87	15,49	18,64	2,88	21,52	1,38
	204	ALATOR/CASIL	B-9	12,0	34,0	2,21	1,00	90,0	1,0	287,1	1,36	3,87	16,43	18,64	2,88	21,52	1,31
	205	ALATOR/CASIL	A-10	12,0	34,0	2,21	1,00	90,0	1,0	295,1	1,36	3,87	18,52	18,90	2,88	21,78	1,17
	206	ALATOR/CASIL	B-10	12,0	34,0	2,21	1,00	90,0	1,0	265,1	1,36	3,87	16,54	17,91	2,88	20,79	1,25
	207	ALATOR/CASIL	A-11	12,0	34,0	2,21	0,50	90,0	1,0	209,1	1,36	7,85	25,63	15,90	5,84	21,75	0,84
	208	ALATOR/CASIL	B-11	12,0	34,0	2,21	0,50	90,0	1,0	209,1	1,36	7,85	25,63	15,90	5,84	21,75	0,84
[36]	209	WILBY	21-A	12,7	19,0	4,41	2,00	45,0	1,0	602,8	8,10	3,35	33,46	32,22	4,55	36,77	1,09
	210	WILBY	21-B	12,7	19,0	4,41	1,59	45,0	1,0	602,8	8,10	4,08	33,46	32,22	5,54	37,76	1,12
	211	WILBY	22-A	12,7	19,5	4,30	1,16	45,0	1,0	646,8	8,10	5,58	39,40	33,30	7,63	40,94	1,03
	212	WILBY	22-B	12,7	19,5	4,30	0,77	45,0	1,0	646,8	8,10	8,15	40,45	33,30	11,15	44,45	1,09
	213	WILBY	23-A	12,7	19,3	4,34	0,38	45,0	1,0	623,8	8,10	16,31	55,02	32,73	22,26	55,00	0,99
	214	WILBY	23-B	12,7	19,3	4,34	0,78	45,0	1,0	623,8	8,10	24,03	56,19	32,73	32,80	65,49	1,16
	215	WILBY	24-A	12,7	19,6	4,28	1,15	45,0	1,0	575,8	8,10	15,88	51,56	31,40	21,76	53,16	1,03
	216	WILBY	24-B	12,7	19,6	4,28	1,55	45,0	1,0	575,8	8,10	12,02	41,85	31,40	16,47	47,87	1,14
	217	WILBY	25-A	12,7	19,5	4,30	1,94	45,0	1,0	612,8	8,10	9,44	38,82	32,41	12,92	45,33	1,16
	218	WILBY	25-B	12,7	19,5	4,30	1,55	45,0	1,0	612,8	8,10	11,59	43,01	32,41	15,86	48,27	1,12
	219	WILBY	26-A	12,7	19,3	4,34	0,39	45,0	1,0	572,8	8,10	35,62	67,85	31,36	48,62	67,67	0,99
	220	WILBY	26-B	12,7	19,3	4,34	0,78	45,0	1,0	572,8	8,10	23,17	62,25	31,36	31,63	62,82	1,00
	221	WILBY	27-A	12,7	19,4	4,32	1,18	45,0	1,0	596,8	8,10	15,45	48,14	32,00	21,12	53,12	1,10
	222	WILBY	28-A	12,7	19,8	4,23	1,91	45,0	1,0	584,8	8,10	9,44	38,82	31,63	12,97	44,60	1,14
	223	WILBY	29-A	12,7	19,8	4,23	1,94	45,0	1,0	579,8	8,10	13,73	42,43	31,49	18,86	50,35	1,18
	224	WILBY	30-A	12,7	19,8	1,93	1,54	45,0	1,0	542,8	8,10	6,02	80,44	69,13	2,37	71,50	0,88
	225	WILBY	30-B	12,7	19,8	1,93	0,76	45,0	1,0	542,8	8,10	3,01	76,70	69,13	1,18	70,31	0,91
	226	WILBY	31-A	12,7	19,3	3,16	1,58	45,0	1,0	612,8	8,10	6,02	49,55	34,34	8,21	42,56	0,85
	227	WILBY	31-B	12,7	19,3	3,16	0,78	45,0	1,0	612,8	8,10	3,01	47,44	34,34	4,10	38,45	0,81
	228	WILBY	32-A	12,7	19,7	5,41	1,54	45,0	1,0	593,8	8,10	6,02	34,48	30,45	8,26	38,71	1,12
	229	WILBY	32-B	12,7	19,7	5,41	0,77	45,0	1,0	593,8	8,10	3,01	29,96	30,45	4,13	34,58	1,15
	230	WILBY	33-A	12,7	19,6	4,27	1,55	45,0	1,0	607,8	8,10	6,02	36,47	32,27	8,25	40,52	1,11
	231	WILBY	33-B	12,7	19,6	4,27	0,78	45,0	1,0	607,8	8,10	3,01	27,86	32,27	4,12	36,40	1,30
	232	WILBY	34-A	12,7	19,6	4,27	1,55	45,0	1,0	607,8	8,10	6,02	42,20	32,27	8,25	40,52	0,96
	233	WILBY	34-B	12,7	19,6	4,27	0,78	45,0	1,0	607,8	8,10	3,01	27,86	32,27	4,12	36,40	1,30
	234	WILBY	35-A	12,7	19,7	4,26	1,54	45,0	1,0	545,8	8,10	6,02	46,74	30,55	8,26	38,81	0,83
	235	WILBY	35-B	12,7	19,7	4,26	0,78	45,0	1,0	545,8	8,10	3,01	41,50	30,55	4,13	34,68	0,83
	236	WILBY	36-A	12,7	19,7	4,25	0,77	45,0	1,0	612,8	5,95	6,02	37,07	29,23	8,26	37,49	1,01
	237	WILBY	36-B	12,7	19,7	4,25	1,53	45,0	1,0	612,8	5,95	3,01	30,08	29,23	4,13	33,36	1,10
	238	WILBY	37-A	12,7	19,5	4,29	0,76	45,0	1,0	553,8	6,91	6,02	33,69	29,23	8,23	37,47	1,11
	239	WILBY	37-B	12,7	19,5	4,29	1,55	45,0	1,0	553,8	6,91	3,01	32,29	29,23	4,11	33,35	1,03

TAFEL 5. RECHTECKBALKEN MIT SCHÜBBEWehrUNG, GLEICHLAST

NR.	VERFASSER	BEZEICHN	B CM	H CM	L/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETAW KP/CM2	MIEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUVO KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH
=====																
[11]	1	RIESCH/HAUG, A1	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	57,37	60,30	1,10	61,41	1,07
	2	RIESCH/HAUG, A2	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	52,65	60,30	1,10	61,41	1,16
	3	RIESCH/HAUG, A3	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	57,60	60,30	1,10	61,41	1,06
	4	RIESCH/HAUG, A4	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	57,60	60,30	1,10	61,41	1,06
	5	RIESCH/HAUG, A5	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	54,86	60,30	1,10	61,41	1,11
	6	RIESCH/HAUG, A6	10,0	12,0	7,20	0,75	90,0	1,5	251,3	3,70	3,04	57,68	60,30	1,10	61,41	1,06
	7	RIESCH/HAUG, B1	10,0	20,0	7,20	0,45	90,0	1,5	264,3	3,70	3,04	56,70	54,43	1,25	55,69	0,98
	8	RIESCH/HAUG, B2	10,0	20,0	7,20	0,45	90,0	1,5	264,3	3,70	3,04	48,70	54,43	1,25	55,69	1,14
	9	RIESCH/HAUG, B3	10,0	20,0	7,20	0,45	90,0	1,5	264,3	3,70	3,04	51,20	54,43	1,25	55,69	1,08
	10	RIESCH/HAUG, B4	10,0	19,9	7,20	0,45	90,0	1,5	260,3	3,70	3,04	54,40	54,09	1,25	55,34	1,01
	11	RIESCH/HAUG, B5	10,0	20,0	7,20	0,45	90,0	1,5	260,3	3,70	3,04	50,00	54,02	1,25	55,28	1,10
	12	RIESCH/HAUG, B6	10,0	20,0	7,20	0,45	90,0	1,5	260,3	3,70	3,04	53,30	54,02	1,25	55,28	1,03
	13	RIESCH/HAUG, C1	10,0	28,0	7,20	0,32	90,0	1,5	284,3	3,70	3,04	56,20	51,90	1,36	53,27	0,94
	14	RIESCH/HAUG, C2	10,0	27,9	7,20	0,32	90,0	1,5	284,3	3,70	3,04	54,80	51,95	1,36	53,31	0,97
	15	RIESCH/HAUG, C3	10,0	28,0	7,20	0,32	90,0	1,5	270,3	3,70	3,04	55,50	50,61	1,36	51,97	0,93
	16	RIESCH/HAUG, C4	10,0	28,0	7,20	0,32	90,0	1,5	270,3	3,70	3,04	53,30	50,61	1,36	51,97	0,97
	17	RIESCH/HAUG, C5	10,0	28,0	7,20	0,32	90,0	1,5	282,3	3,70	3,04	53,50	51,72	1,36	53,09	0,99
	18	RIESCH/HAUG, C6	10,0	27,9	7,20	0,32	90,0	1,5	282,3	3,70	3,04	57,70	51,76	1,36	53,13	0,92
[17]	19	KREFELD/TH. 2188-2	25,4	45,5	8,03	1,00	90,0	1,0	416,2	2,22	2,18	34,40	36,24	0,00	36,24	1,05
[37]	20	OJHA RA2	15,0	26,3	9,15	0,71	90,0	1,0	259,2	2,49	4,80	26,65	28,25	3,71	31,97	1,19
	21	OJHA RB2	15,0	26,3	9,15	1,01	45,0	1,0	259,2	2,49	4,80	26,35	28,25	3,71	31,97	1,21
	22	OJHA RB3	15,0	26,3	9,15	0,67	45,0	1,0	259,2	2,49	7,20	30,54	28,25	5,57	33,83	1,10

TAFEL 6. PLATTENBAALKEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, EINZELLAST

NR	VERFASSER	BEZEICH.	B CM	BPL CM	TPL CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	RETAW KP/CM2	MUFL O/O	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUVO KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH	
[22]	1	GURALNIK	IA-1	17.8	58.5	10.2	30.0	3.05	0.29	90.0	1.0	267.	2.52	98.56	73.84	21.37	150.24	62.32	0.84
	2	GURALNIK	IA-2	17.8	58.5	10.2	30.6	2.99	0.47	90.0	1.0	216.	2.47	15.97	36.19	19.33	24.30	40.20	1.11
	3	GURALNIK	IB-1	17.8	58.5	10.2	30.0	3.05	0.29	90.0	1.0	202.	1.45	95.40	67.74	15.46	145.42	48.10	0.71
	4	GURALNIK	IB-2	17.8	58.5	10.2	30.8	2.97	0.47	90.0	1.0	202.	1.41	14.65	28.66	15.58	22.03	33.08	1.15
	5	GURALNIK	IC-2	17.8	58.5	10.2	30.9	2.96	0.47	90.0	1.0	400.	4.29	14.51	54.86	31.86	21.69	53.55	0.97
	6	GURALNIK	ID-1	17.8	58.5	10.2	30.0	3.05	0.29	90.0	1.0	400.	2.52	98.76	99.52	26.16	150.54	73.05	0.73
	7	GURALNIK	ID-2	17.8	58.5	10.2	30.6	2.99	0.47	90.0	1.0	400.	2.47	15.17	55.71	26.31	23.08	49.40	0.88
	8	GURALNIK	ITA-1	17.8	58.5	10.2	30.0	6.10	0.29	90.0	1.0	267.	2.52	98.76	56.29	18.36	150.54	55.38	0.98
	9	GURALNIK	ITA-2	17.8	58.5	10.2	30.6	5.98	0.47	90.0	1.0	216.	2.47	15.17	29.33	16.40	23.23	34.83	1.18
	10	GURALNIK	ITB-2	17.8	58.5	10.2	30.8	5.94	0.47	90.0	1.0	202.	1.41	14.65	24.04	13.16	22.47	28.89	1.20
	11	GURALNIK	IIC-1	17.8	58.5	10.2	29.9	6.12	0.29	90.0	1.0	456.	4.43	94.44	88.90	28.96	143.84	78.37	0.88
	12	GURALNIK	IIC-2	17.8	58.5	10.2	30.9	5.92	0.47	90.0	1.0	456.	4.29	14.51	38.44	28.65	22.28	50.93	1.32
	13	GURALNIK	IID-1	17.8	58.5	10.2	30.9	5.92	0.28	90.0	1.0	456.	2.52	98.76	66.91	23.99	151.66	68.36	1.02
	14	GURALNIK	IID-2	17.8	58.5	10.2	30.6	5.98	0.47	90.0	1.0	456.	2.47	15.17	38.50	23.83	23.23	47.07	1.22
	15	GURALNIK	IA-1R	17.8	58.5	10.2	30.0	3.05	0.29	90.0	1.0	267.	2.52	98.76	64.85	21.37	150.54	62.35	0.96
	16	GURALNIK	IA-2R	17.8	58.5	10.2	30.6	2.99	0.47	90.0	1.0	216.	2.47	15.17	35.80	19.33	23.08	39.85	1.11
	17	GURALNIK	IB-2R	17.8	58.5	10.2	30.8	2.97	0.47	90.0	1.0	202.	1.41	14.65	29.81	15.58	22.03	33.08	1.10
	18	GURALNIK	IC-1R	17.8	58.5	10.2	29.9	3.06	0.29	90.0	1.0	400.	4.43	94.44	90.19	31.52	143.84	83.80	0.92
	19	GURALNIK	IC-2R	17.8	58.5	10.2	30.9	2.96	0.47	90.0	1.0	400.	4.29	14.51	47.79	31.86	21.69	53.55	1.12
	20	GURALNIK	ID-2R	17.8	58.5	10.2	30.6	2.99	0.47	90.0	1.0	400.	2.47	15.17	46.58	26.31	23.08	49.40	1.06
[10]	21	LEONHARDT	ET 1	15.0	30.0	7.5	30.0	3.50	0.36	90.0	1.0	285.	2.79	11.54	34.16	20.81	17.59	38.40	1.12
[51]	22	LEONHARDT	ET 3	10.0	30.0	7.5	30.0	3.50	0.36	90.0	1.0	285.	4.19	17.31	49.52	27.53	26.38	53.92	1.08
[38]	23	LEONHARDT	TA 1	16.0	96.0	8.0	37.5	3.00	0.30	90.0	1.0	210.	4.40	54.38	66.19	20.95	87.66	54.71	0.82
	24	LEONHARDT	TA 2	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	210.	4.40	37.54	63.05	19.75	60.50	48.44	0.76
	25	LEONHARDT	TA 3	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	195.	4.40	24.98	53.90	19.03	40.26	43.47	0.80
	26	LEONHARDT	TA 4	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	195.	4.40	15.40	45.62	19.03	24.82	39.83	0.87
	27	LEONHARDT	TA 6	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	190.	4.40	24.98	46.19	18.79	40.26	43.01	0.93
	28	LEONHARDT	TA 7	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	190.	4.40	56.30	53.05	18.79	90.74	50.55	0.95
	29	LEONHARDT	TA 8	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	190.	4.40	24.98	44.19	18.79	40.26	43.01	0.97
	30	LEONHARDT	TA 11	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	333.	4.40	25.44	66.19	24.87	41.00	54.26	0.81
	31	LEONHARDT	TA 12	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	333.	4.40	15.40	52.48	24.87	24.82	49.70	0.94
	32	LEONHARDT	TA 13	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	242.	4.40	56.30	67.71	21.20	90.74	55.63	0.82
	33	LEONHARDT	TA 14	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	242.	4.40	37.45	65.81	21.20	60.36	51.26	0.77
	34	LEONHARDT	TA 15	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	237.	4.40	25.44	57.81	20.98	41.00	47.22	0.81
	35	LEONHARDT	TA 16	16.0	96.0	8.0	37.5	3.33	0.30	90.0	1.0	237.	4.40	24.98	58.00	20.98	40.26	47.06	0.81
	36	LEONHARDT	T1	10.0	150.0	15.0	82.5	3.03	0.09	90.0	1.0	298.	10.30	126.10	111.00	43.71	247.54	121.62	1.09
	37	LEONHARDT	T2	10.0	150.0	15.0	82.5	3.03	0.13	45.0	1.0	269.	10.30	126.10	159.00	41.53	247.54	116.83	0.73
[23]	38	PLACAS/REGAN	T 1	15.2	61.0	7.6	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	285.	1.26	5.91	30.41	16.41	8.79	25.20	0.82
	39	PLACAS/REGAN	T 3	15.2	61.0	7.6	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	280.	1.46	5.91	29.02	17.08	8.79	25.87	0.89
	40	PLACAS/REGAN	T 4	15.2	61.0	7.6	27.2	3.36	0.55	90.0	1.0	331.	1.96	5.91	30.41	20.49	8.79	29.28	0.96

TAFEL 6. PLATTENBALKEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, FINZELLAST

NR	VERFASSER	BEZEICH.	B CM	RPL CM	TPL CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	BETA W KP/CM2	MUEL O/O	MUESRS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUD KP/CM2	TAUUD1 KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH
[23]	41	PLACAS/REGAN T 5	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,27	90,0	1,0	304,1	1,46	11,73	38,42	18,93	17,44	36,38	0,94
	42	PLACAS/REGAN T 6	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,44	90,0	1,0	263,1	4,16	22,94	60,68	23,72	33,54	50,35	0,82
	43	PLACAS/REGAN T 7	15,2	61,0	7,6	26,4	3,46	0,57	90,0	1,0	279,1	3,00	5,91	31,04	21,78	8,72	30,51	0,98
	44	PLACAS/REGAN T 8	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,59	90,0	1,0	319,1	4,16	5,91	36,71	26,13	8,64	34,77	0,94
	45	PLACAS/REGAN T 9	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,40	90,0	1,0	206,1	4,16	11,73	45,59	20,99	17,15	38,15	0,83
	46	PLACAS/REGAN T 10	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,84	90,0	1,0	288,1	1,46	3,98	24,05	17,32	5,92	23,24	0,96
	47	PLACAS/REGAN T 11	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,56	45,0	1,0	377,1	4,16	11,72	47,36	28,40	17,13	45,54	0,96
	48	PLACAS/REGAN T 12	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,84	45,0	1,0	313,1	4,16	5,91	42,63	25,88	8,64	34,52	0,80
	49	PLACAS/REGAN T 13	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,55	90,0	1,0	230,1	1,46	5,91	24,88	15,48	8,79	24,27	0,97
	50	PLACAS/REGAN T 14	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,63	45,0	1,0	340,1	4,16	22,94	64,53	26,97	33,54	55,98	0,86
	51	PLACAS/REGAN T 15	15,2	61,0	7,6	25,4	7,20	0,59	90,0	1,0	338,1	4,16	5,91	30,79	23,22	8,64	31,87	1,03
	52	PLACAS/REGAN T 16	15,2	61,0	7,6	25,4	7,20	0,90	90,0	1,0	333,1	4,16	3,98	26,35	23,05	5,81	28,87	1,09
	53	PLACAS/REGAN T 17	15,2	61,0	7,6	25,4	7,20	0,29	90,0	1,0	337,1	4,16	11,72	39,67	23,19	17,13	40,33	1,01
	54	PLACAS/REGAN T 19	15,2	61,0	7,6	25,4	5,39	0,59	90,0	1,0	305,1	4,16	5,91	31,38	23,81	8,64	32,46	1,03
	55	PLACAS/REGAN T 20	15,2	61,0	7,6	25,4	5,39	0,29	90,0	1,0	328,1	4,16	11,72	40,85	24,69	17,13	41,83	1,02
	56	PLACAS/REGAN T 22	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,79	45,0	1,0	351,1	1,46	5,31	30,41	19,12	7,89	27,02	0,88
	57	PLACAS/REGAN T 25	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,55	90,0	1,0	551,1	1,46	5,31	31,51	23,96	7,89	31,86	1,01
	58	PLACAS/REGAN T 26	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,29	90,0	1,0	581,1	4,16	11,72	52,99	35,26	17,13	52,40	0,98
	59	PLACAS/REGAN T 27	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,29	90,0	1,0	222,1	4,16	11,72	39,07	21,79	17,13	38,93	0,99
	60	PLACAS/REGAN T 31	15,2	61,0	7,6	27,2	3,36	0,55	90,0	1,0	316,1	1,46	5,91	26,26	18,15	8,79	26,94	1,02
	61	PLACAS/REGAN T 32	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,44	90,0	1,0	281,1	4,16	22,94	63,94	24,52	33,54	51,74	0,80
	62	PLACAS/REGAN T 33	15,2	61,0	7,6	27,2	4,48	0,27	90,0	1,0	375,1	1,46	11,72	29,02	18,99	17,43	36,42	1,25
	63	PLACAS/REGAN T 34	15,2	31,0	7,6	25,4	5,39	0,59	90,0	1,0	346,1	4,16	5,91	33,15	25,36	8,64	34,01	1,02
	64	PLACAS/REGAN T 35	15,2	106,8	7,6	25,4	5,39	0,59	90,0	1,0	343,1	4,16	5,91	34,04	25,25	8,64	33,90	0,99
	65	PLACAS/REGAN T 36	15,2	61,0	15,2	25,4	3,60	0,29	90,0	1,0	246,1	4,16	11,72	52,99	30,06	17,13	47,20	0,89
	66	PLACAS/REGAN T 37	15,2	61,0	7,6	25,4	3,60	0,44	90,0	1,0	324,1	4,16	22,94	61,87	26,33	33,54	54,88	0,88
	67	PLACAS/REGAN T 38	15,2	61,0	15,2	25,4	3,60	0,44	90,0	1,0	308,1	4,16	22,94	70,45	33,64	33,54	67,18	0,95
	68	PLACAS/REGAN W1	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,44	90,0	1,0	360,1	9,78	61,02	112,89	48,31	89,66	107,68	0,95
	69	PLACAS/REGAN W2	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,44	90,0	1,0	151,1	9,78	61,02	63,60	31,28	89,66	75,73	1,19
	70	PLACAS/REGAN W3	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,44	90,0	1,0	546,1	9,78	61,02	140,97	59,49	89,66	127,71	0,90
	71	PLACAS/REGAN W5	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,29	90,0	1,0	412,1	9,78	91,40	134,20	51,68	134,30	122,73	0,91
	72	PLACAS/REGAN W6	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,63	90,0	1,0	407,1	9,78	61,02	112,19	51,36	89,66	113,21	1,00
	73	PLACAS/REGAN W7	6,4	61,0	6,4	25,9	3,50	0,29	90,0	1,0	412,1	9,78	58,50	113,82	51,68	85,96	112,91	0,99
[39]	74	HAMA/M/REGAN GT1	12,0	50,0	10,0	35,0	3,60	0,71	90,0	1,0	259,1	2,99	6,12	33,32	23,49	9,69	33,18	0,99
	75	HAMA/M/REGAN GT2	12,0	50,0	10,0	35,0	3,60	0,36	90,0	1,0	336,1	2,99	12,33	41,36	26,75	19,53	46,29	1,11
	76	HAMA/M/REGAN GT4	12,0	50,0	10,0	35,0	3,60	0,45	90,0	1,0	419,1	2,99	25,59	62,91	29,88	40,54	62,96	1,00
	77	HAMA/M/REGAN TS1	5,0	30,0	5,0	32,0	3,30	0,63	90,0	1,0	691,1	3,78	18,45	66,17	46,55	28,58	75,13	1,13
	78	HAMA/M/REGAN TS2	5,0	30,0	5,0	32,0	3,30	0,30	90,0	1,0	543,1	3,78	36,90	83,18	41,26	57,16	87,26	1,04
[33]	79	KHAN/M/REGAN A1	15,2	61,0	7,6	25,4	5,40	0,90	90,0	1,0	431,1	4,23	3,98	28,31	28,45	5,81	34,27	1,21
[40]	80	KHAN/M/REGAN A7	15,2	61,0	7,6	25,4	5,40	0,90	45,0	1,0	374,1	4,23	14,57	47,07	26,51	21,30	47,81	1,01

TAFEL 6, PLATTENBALKEN MIT SCHUBREWEHRUNG, EINZELLAST

NR	VERFASSER	REZEICH.	B CM	RPL CM	TPL CM	H CM	A/H	S/H	BETA GRAD	VA	RETAW KP/CM2	MUEL O/O	MUESRS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUUD KP/CM2	TAUUI KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH
81	KHAN/M/REGAN	A12	15.2	61.0	7.6	25.4	3.60	0.90	90.0	1.0	372.	4.23	3.98	35.30	28.37	5.81	34.19	0.96
82	KHAN/M/REGAN	P20	15.0	60.0	8.0	27.9	3.60	0.89	90.0	1.0	488.	1.92	5.92	32.85	24.90	8.86	33.76	1.02
83	KHAN/M/REGAN	P21	15.0	60.0	8.0	27.9	3.60	0.89	90.0	1.0	515.	1.92	3.98	24.46	25.58	5.95	31.53	1.28
84	KHAN/M/REGAN	P22	15.0	60.0	8.0	27.9	5.40	0.89	90.0	1.0	521.	1.92	7.75	29.71	23.97	11.60	35.57	1.19
[41] 85	TAYLOR	ST-1-B	11.4	30.5	7.6	25.7	5.00	0.44	90.0	1.0	264.	2.02	10.80	29.26	17.83	15.83	33.67	1.15
86	TAYLOR	ST-4-B	11.4	30.5	7.6	25.7	5.00	0.59	90.0	1.0	290.	1.35	10.80	29.26	17.83	15.83	33.67	1.15
87	TAYLOR	ST-2-C	11.4	30.5	7.6	25.7	4.10	0.34	90.0	1.0	276.	2.02	14.37	41.74	20.62	21.07	41.39	0.99
88	TAYLOR	ST-3-C	11.4	30.5	7.6	25.7	4.10	0.71	90.0	1.0	276.	2.02	14.37	41.35	20.62	21.07	41.39	1.00
89	TAYLOR	ST-6-C	11.4	30.5	7.6	25.7	4.10	0.74	90.0	1.0	237.	1.35	10.80	33.94	16.70	15.83	32.54	0.95
90	TAYLOR	HSS-1-B	11.4	30.5	7.6	25.7	5.00	0.44	90.0	1.0	280.	2.02	14.37	34.33	20.04	21.07	40.43	1.17
[43] 91	SOER/OEZ/CLA	T-21	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.59	90.0	1.0	390.	3.84	12.00	46.16	30.95	18.26	49.22	1.06
92	SOER/OEZ/CLA	T-22	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.70	90.0	1.0	373.	3.84	13.77	44.99	30.27	20.95	51.23	1.13
93	SOER/OEZ/CLA	T-23	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.50	90.0	1.0	410.	3.84	12.19	49.31	31.74	18.55	50.29	1.01
[44] 94	SOER/OEZ/CLA	T-3-A	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	295.	3.84	12.94	45.11	26.92	19.69	46.61	1.03
95	SOER/OEZ/CLA	T-4-A	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	302.	3.84	13.77	46.86	27.24	20.95	48.19	1.02
[45] 96	SOER/OEZ/CLA	T-1-B	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.38	90.0	1.0	278.	3.84	11.62	41.97	26.13	17.68	43.82	1.04
97	SOER/OEZ/CLA	T-2-B	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.38	90.0	1.0	299.	3.84	12.15	46.16	27.10	18.49	45.59	0.98
98	SOER/OEZ/CLA	T-3-B	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.59	90.0	1.0	295.	3.84	7.66	41.15	26.92	11.65	38.58	0.93
99	SOER/OEZ/CLA	T-4-B	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.59	90.0	1.0	296.	3.84	8.10	38.00	26.97	12.32	39.29	1.03
100	SOER/OEZ/CLA	T-5	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.70	90.0	1.0	306.	3.84	8.10	39.05	27.42	12.32	39.75	1.01
101	SOER/OEZ/CLA	T-10	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.70	90.0	1.0	400.	3.84	11.70	50.12	31.35	17.80	49.16	0.98
102	SOER/OEZ/CLA	T-15	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	366.	3.84	11.70	54.67	29.99	17.80	47.79	0.87
103	SOER/OEZ/CLA	P-1	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	388.	3.84	25.51	62.48	30.88	38.82	64.20	1.02
104	SOER/OEZ/CLA	P-2	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	367.	3.84	28.96	62.48	30.03	44.07	64.16	1.02
105	SOER/OEZ/CLA	R-1	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	370.	3.84	24.86	61.78	30.15	37.83	62.67	1.01
106	SOER/OEZ/CLA	R-2	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	325.	3.84	21.54	60.03	28.26	32.78	57.95	0.96
107	SOER/OEZ/CLA	T-1	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	330.	3.84	24.51	60.39	28.47	37.30	59.63	0.98
108	SOER/OEZ/CLA	T-2	11.0	40.0	8.0	29.8	3.50	0.34	90.0	1.0	316.	3.84	23.88	57.24	27.86	36.34	58.31	1.01
[40] 109	KHAN	A-2	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	1.13	45.0	1.0	431.	4.23	14.78	42.32	28.40	21.88	50.28	1.18
110	KHAN	A-3	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	1.74	45.0	1.0	397.	4.23	11.22	39.17	27.26	16.61	43.87	1.12
111	KHAN	A-4	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	1.74	45.0	1.0	403.	4.23	15.91	42.32	27.46	23.55	51.02	1.20
112	KHAN	A-6	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	0.98	60.0	1.0	382.	4.23	14.38	42.90	26.74	21.29	48.03	1.11
113	KHAN	A-8	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	1.13	45.0	1.0	348.	4.23	14.79	42.32	25.52	21.89	47.42	1.12
114	KHAN	A-10	15.2	61.0	7.6	26.7	5.14	1.13	45.0	1.0	431.	4.23	14.79	42.55	28.40	21.89	50.30	1.18
115	KHAN	A-13	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	1.19	45.0	1.0	376.	4.39	17.54	45.35	28.79	25.82	54.61	1.20
116	KHAN	A-14	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	1.78	45.0	1.0	407.	4.39	13.05	42.32	29.95	19.21	49.17	1.16
117	KHAN	A-15	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	1.19	45.0	1.0	396.	4.39	21.00	46.51	29.55	30.91	59.55	1.28
118	KHAN	A-16	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	0.90	45.0	1.0	348.	4.39	26.61	64.00	27.70	39.17	58.79	0.91
119	KHAN	A-17	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	1.19	45.0	1.0	310.	4.39	26.41	51.06	26.14	38.88	55.98	1.09
120	KHAN	A-18	15.2	61.0	7.6	26.1	3.50	0.59	45.0	1.0	335.	4.39	34.26	60.04	27.18	50.43	60.58	1.00

TAFEL 7. PLATTENBALKEN MIT SCHUBBEWEHRUNG, GLEICHLAST

NR	VERFASSER	BEZEICH.	B CM	BPL CM	TPL CM	H CM	L/H	S/H	BETA GRAD	IA	BETA W KP/CM2	MUEL 0/0	MUESBS KP/CM2	TAUUV KP/CM2	TAUU0 KP/CM2	TAUU1 KP/CM2	TAUUR KP/CM2	VERH
=====																		
[22] 1	GURALNIK	III-A-2	17,8	58,4	10,2	30,6	13,36	0,47	90,0	1,0	259,1	1,58	14,80	49,49	24,77	22,67	47,44	0,95
2	GURALNIK	III-B-2	17,8	58,4	10,2	30,8	13,28	0,47	90,0	1,0	259,0	0,91	14,28	58,34	20,59	21,91	41,62	0,71
3	GURALNIK	III-C-1	17,8	58,4	10,2	29,9	13,67	0,29	90,0	1,0	438,2	2,83	94,38	131,78	39,26	143,75	99,77	0,75
4	GURALNIK	III-C-2	17,8	58,4	10,2	31,0	13,19	0,47	90,0	1,0	438,2	2,74	14,16	57,97	38,66	21,76	60,42	1,04
5	GURALNIK	III-D-2	17,8	58,4	10,2	30,6	13,36	0,47	90,0	1,0	438,1	1,58	14,80	70,53	32,21	22,67	54,88	0,77
[10] 6	LEONHARDT	GT-3/1	10,0	30,0	7,5	30,0	10,00	0,50	90,0	1,0	251,4	4,08	12,06	67,05	46,99	12,26	59,25	0,88
7	LEONHARDT	GT-4/1	5,0	30,0	7,5	30,0	10,00	0,50	90,0	1,0	251,8	8,16	24,11	114,67	83,06	24,51	107,57	0,93
8	LEONHARDT	GT-4/2	5,0	30,0	7,5	30,0	10,00	0,30	90,0	1,0	287,8	8,16	40,18	139,81	88,82	40,85	129,67	0,92